



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

HITSAUSKIINNITTIMEN SUUNNITTELU POHJAPANS- SAREIDEN AUTOMATISOI- TUUN VALMISTUKSEEN

TEKIJÄ/T: Ilkka Nissinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Ilkka Juhani Nissinen			
Työn nimi Hitsauskiinnittimen suunnittelu pohjapanssareiden automatisoituun valmistukseen			
Päiväys	28.01.2014	Sivumäärä/Liitteet	41/2
Ohjaaja(t) Tutkimuspäällikkö Esa Jääskeläinen, projekti-insinööri Juha Nissinen ja menetelmäsuunnittelija Markus Kauppinen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Ratesteel Oy, menetelmäsuunnittelija Markus Kauppinen			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön aiheena oli hitsauskiinnittimen suunnittelu metsäkoneen pohjapanssareiden automatisoituun hitsausvalmistukseen. Erilaisia kiinnittimellä käytettäviä pohjapanssareita on yhdeksän kappaletta. Tämä opinnäytetyö tehtiin vieremäläiselle Ratesteel Oy:lle.</p> <p>Kiinnitintä käytetään robottihitsaussolussa, jossa on FMS-tyyppinen palettirata, automaattinen paletinvaihto, kappaleenkäsittelypöytä ja kuudella vapausasteella varustettu hitsausrobotti virtalähteineen ja oheislaitteineen.</p> <p>Työn teoriaosuudessa tutustutaan teollisuusrobottien periaatteisiin, hitsauksen peruskäsitteisiin sekä hitsauskiinnittimen suunnitteluun. Työosuudessa käydään läpi opinnäytetyön kiinnittimen suunnittelu, valmistus ja ulottuvuustarkastelu. Hitsauskiinnitin suunniteltiin Solid Works 3D-suunnitteluohjelmalla ja ulottuvuustarkastelu hitsauskiinnittimen ja robottihitsaussolun välillä toteutettiin hitsauksen simulointiin tarkoitetun Catia V5 ohjelman Delmia Arc sovelluksella. Hitsauskiinnitin valmistettiin Savonia-ammattikorkeakoululla.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin valmis hitsauskiinnittinsuunnitelma, jonka pohjalta rakennettiin hitsauskiinnitin Ratesteel Oy:lle. Hitsauskiinnitin otettiin tuotantokäyttöön opinnäytetyön jälkeen.</p> <p>Pohjapanssareiden hitsausohjelmat ja tarvittavat silloitusjigit on tehty tuotannon sisäänajovaiheessa opinnäytetyön kiinnittimen valmistuttua.</p>			
Avainsanat hitsauskiinnitin, hitsaus, suunnittelu, robotti			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Ilkka Juhani Nissinen			
Title of Thesis Design of Welding Fixture for Robot Welding of Bottom Armors of Forest Machines			
Date	January 28, 2014	Pages/Appendices	41/2
Supervisor(s) Mr Esa Jääskeläinen, Research Manager, Mr Juha Nissinen, Project Engineer and Mr Markus Kauppinen, Method Designer			
Client Organisation /Partners Ratesteel Oy, Mr Markus Kauppinen, Method Designer			
<p>Abstract</p> <p>The topic of this final year project was to design a welding fixture for a robot welding cell in a company. The project was commissioned by the company Ratesteel Oy. The theoretical part of this the thesis included the principles of industrial robots, basics of welding and design of welding fixtures. The practical part of the project included design of the welding fixture, manufacturing the welding fixture and scope of the review of the welding fixture.</p> <p>The fixture to be developed is used in a welding cell which has an FMS-like pallet line an automatic pallet changer, a piece handling table and a welding robot of six degrees of freedom, power supply and peripheral devices. There are nine pieces of bottom armors used with a fixture. Solid Works 3D design program was used when designing the welding fixture. Catia V5 Delmia Arc Welding simulation program was used to examine the dimension between the welding fixture and the welding robot cell. The welding fixture was developed in Savonia University of Applied Sciences.</p> <p>As a result of this project there was a complete design for a welding fixture which was used after the welding fixture was made for Ratesteel Oy. After making the fixture in this final project, all welding programs and the required cross-linking jigs were manufactured when starting the production of bottom armors.</p>			
Keywords welding fixture, welding, design, robot			

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö tehtiin Savonia-ammattikorkeakoululla projektityönä ja osittain myös Ratesteel Oy:n tiloissa. Opinnäytetyö tarjosi hyvät mahdollisuudet opittujen tietotaitojen kehittämiseen ja hyödyntämiseen. Haluan kiittää tässä opinnäytetyössä mukana olleita ohjaajia tutkimuspäällikkö Esa Jääskeläistä ja projekti-insinööri Juha Nissistä Savonia-ammattikorkeakoululta sekä menetelmäsuunnittelija Markus Kauppista Ratesteel Oy:stä.

Kuopiossa 1.8.2013

Ilkka Nissinen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	YRITYSESITTELY	8
3	TEOLLISUUSROBOTIT	9
3.1	Robotiikka	9
3.2	Robottijärjestelmä	11
3.3	Kiertyvänivelinen robotti	12
3.4	Robottisovelluksia	13
4	HITSAUS	14
4.1	Muodonmuutokset hitsattavissa rakenteissa	14
4.1.1	Hitsauksen aiheuttamat pitkittäisjännitykset	15
4.1.2	Hitsauksen aiheuttamat poikittaiset muodonmuutokset.	15
4.1.3	Muodonmuutoslajit	15
4.1.4	Hitsausjännitysten vaikutusten minimointi	16
4.2	MIG/MAG-hitsaus	17
4.3	Robottihitsaus	17
4.3.1	Hitsausautomaation tehostaminen ja laatu	17
5	HITSAUSKIINNITTIMET	19
5.1	Hitsauskiinnittimen vaatimukset	19
5.2	Levyäisten kappaleiden paikoitus	19
5.3	Kappaleiden kiinnitys kiinnittimeen	20
6	METSÄKONEEN POHJAPANSSARIT	23
6.1	Hitsattavat tuotteet	23
6.1.1	Tuotteisiin tutustuminen	23
6.1.2	Pohjapanssari 1	23
6.1.3	Pohjapanssarit 2, 3 ja 4	23
6.1.4	Pohjapanssarit 5 ja 6	24
6.1.5	Pohjapanssarit 7, 8 ja 9	24
6.2	Pohjapanssareiden tuotantomäärät	25
7	HITSAUSKIINNITTIMEN SUUNNITTELU	26
7.1	Lähtökohdat	26

7.1.1	Hitsattavien tuotteiden vaatimukset kiinnittimelle	26
7.1.2	Robottiasema ja robottiaseman vaatimukset kiinnittimelle	26
7.1.3	Asiakasyrityksen vaatimukset kiinnitinsuunnittelulle	29
7.2	Hitsauskiinnittimen luonnostelu	29
7.3	Hitsauskiinnittimen suunnittelu	31
7.3.1	Paletti ja pohjalevy.....	32
7.3.2	Kiinnittimen alalevy	33
7.3.3	Kiinnittimen runkoelementit	33
7.3.4	Ylälevy.....	34
7.3.5	Kiinnitinlevy.....	35
7.3.6	Kiinnitinkomponentit	35
7.4	Hitsauksen ulottuvuustarkastelu.....	37
7.5	Kiinnittimen valmistus	39
8	YHTEENVETO.....	40
LIITTEET		

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehdään Ratesteel Oy:lle ja tarkoituksena on tutkia hitsauskiinnittimien suunnittelua sekä suunnitella hitsauskiinnitin robottihitsausasemalle. Tavoitteena on mahdollistaa Ratesteel Oy:n automatisoidun tuotannon kasvattaminen. Automatisoidun tuotannon yhtenä lähtökohtana ovat taroituksenmukaiset tuotantovälineet, joista yksi osa-alue on toimivat kiinnittimet.

Työ toteutetaan Savonia-ammattikorkeakoulun projektityöntekijänä. Opinnäytetyön aihe on saatu Savonia-ammattikorkeakoulun, Lappeenrannan teknillisen yliopiston ja Pohjois-Savossa toimivien konepajateollisuuden yritysten yhteistyöhankkeen HitNetWorkin tutkimustyön tuloksena.

Tavoitteena on suunnitella toimiva ja helppokäyttöinen kiinnitin, jolla voidaan valmistaa useita erilaisia metsäkoneen pohjajanssareita. Tutkimustyön aikana asiakasyrityksen tuotteistosta valittiin yhdeksän tuotetta, joille kiinnitin on tarkoitus tehdä.

Teoriaosuus käsittelee, robotiikkaa, hitsausta ja hitsauskiinnittimien ominaisuuksia sekä vaatimuksia. Teoriaosan tärkeimpänä aiheena on selvittää, millaisia vaatimuksia toimivalle hitsauskiinnittimelle vaaditaan robottihitsauksessa. Työosuudessa käydään vaiheittain läpi tämän opinnäytetyön hitsauskiinnittimen suunnittelua ja valmistusmenetelmiä.

2 YRITYSESITTELY

Opinnäytetyön toimeksiantajana ja asiakasyrityksenä toimii Ratesteel Oy. Yritys on perustettu vuonna 1998 keskittyen teräsrakenteiden hitsaukseen. Nykyisiin toimitiloihin muutto tapahtui vuonna 2006 ja viimeinen toimitilalaajennus valmistui vuonna 2009. Ratesteel Oy:n toimitilat sijaitsevat Viemällä, jossa samassa osoitteessa työskentelee yrityksen hallinto- ja tuotantohenkilöstö. Yritys työllistää 38 henkilöä ja yrityksellä on selkeät kasvutavoitteet. Yrityksen toimialana ovat alihankintana tehtävät hitsaus, pintakäsittely, manuaalikoneistus, sekä kokoonpanotyöt. Tärkeimpänä toimialana on hitsaus. Tällä hetkellä yritys keskittyy voimakkaasti automatisoidun hitsaustuotannon kehittämiseen.


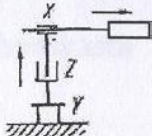
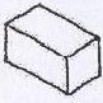

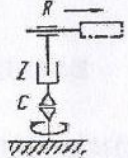


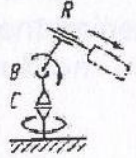

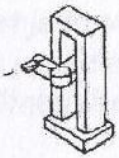
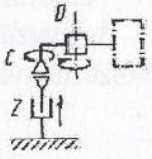


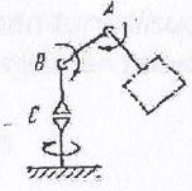


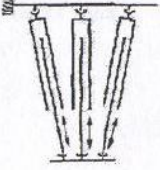

Ratesteelin keskeisiä toimintaperiaatteita ovat automaation ja henkilöstön kehittäminen, sekä osallistuminen alueellisiin kehityshankkeisiin. Kehitystyön tavoitteina ovat jatkuva kehittyminen tuotannollisesti ja taloudellisesti sekä asiakkaiden toiveiden ja vaatimuksien täyttäminen. Yhtenä esimerkkinä kehityshankkeista on HitNetWork-hanke, jonka tutkimustyön tuloksena tämä opinnäytetyö on saanut aiheen.

3 TEOLLISUUSROBOTIT

Tämä luku selvittää teollisuusrobottien tyyppejä ja toimintamalleja. Teollisuusrobotteja käytetään yleisimmin hitsaus-, kappaleenkäsittely- ja kokoonpanotehtävissä. Robottien avulla voidaan säästää työvoimakustannuksia yksinkertaisissa ja toistuvissa työvaiheissa, jotka soveltuvat hyvin robottien tehtäväksi.

3.1 Robotiikka

Yleisimmät robottimallit on määritetty standardilla ISO 8393 mekaanisen rakenteen mukaan. Yleisimmät rakenteet on esitetty kuvassa 1. Näiden lisäksi on paljon erilaisia käsivarsirobottiratkaisuja, sekä erikoisrobottisovelluksia. (Kuivanen 1999, 12-14.)

Nimitys pääakselien mukaan	Rakenne	Kinemaattinen kaavio	Työalue
Suorakulmainen robotti			
Sylinterirobotti			
Napa-koordinaatisto-robotti			
Scara-robotti			
Kiertyvänivelinen robotti			
Rinnakkaisrakenteinen robotti			

KUVA 1. Yleisimpiä robottityyppejä rakenteen mukaan (Kuivanen 1999, 12)

Kansainvälinen robottiydistys määrittelee robotin olevan uudelleen ohjeloitava, vähintään kolminivelinen mekaaninen laite, jota käytetään kappaleiden, osien, työkalujen tai erikoislaitteiden liikkuttamiseen. Käsite robotiikka tarkoittaa oppia robottien suunnittelusta, rakentamisesta ja soveltamisesta. (Kuivanen 1999, 12-13.)

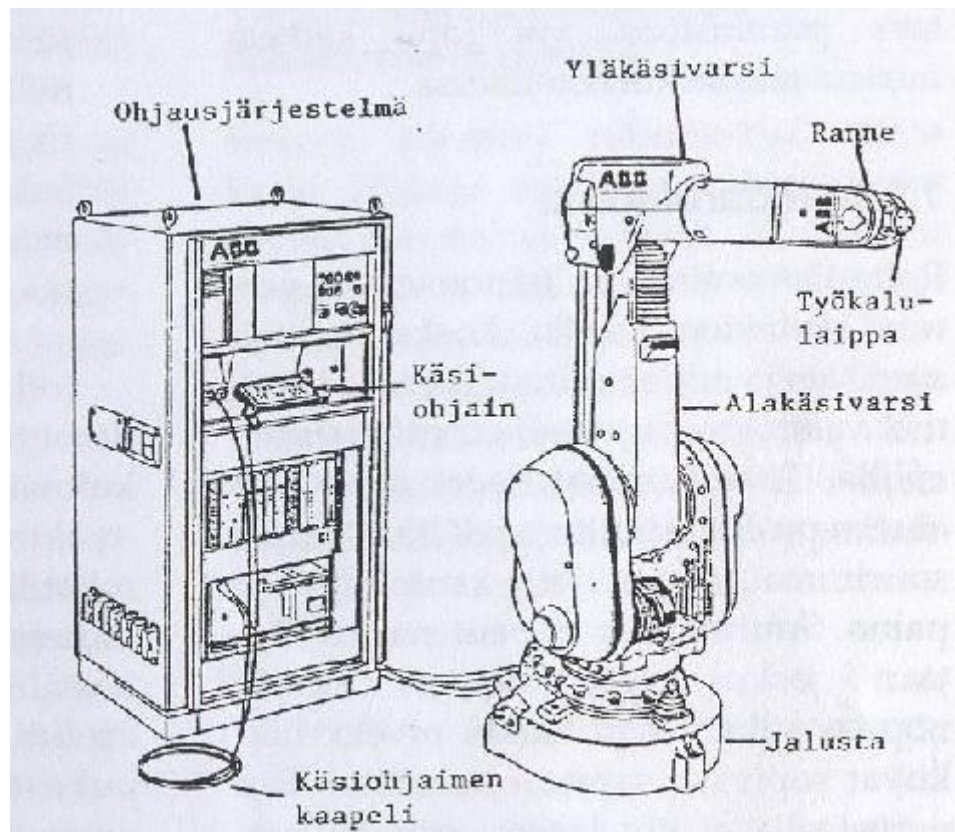
3.2 Robottijärjestelmä

Robottijärjestelmä sisältää useita komponentteja. Tärkein näistä on ohjausjärjestelmä, joka on myös robotin monimutkaisin ja teknisesti vaativin yksikkö. Teollisuusrobottiyksiköissä ohjausjärjestelmä on usein koko järjestelmän kallein osa. Ohjausjärjestelmä ohjaa tietotekniikan avulla robotin niveliä, jotka liikuttavat käsivartta halutulla tavalla. (Kuivanen 1999, 15-16.)

Varsinainen robotin rakenne koostuu tukivarsista, joista kaksi liikkuu toistensa suhteen joko tietyn suoran suunnassa tai suoran ympäri. Tätä liikuvaa akselia kutsutaan niveleksi. Robotin niveltä kutsutaan vapausasteeksi (DOF, Degree of Freedom) Vapausasteet ovat teollisuusrobotissa kiertyviä tai suoria. Normaalisti yksi nivel käsittää yhden toimilaitteen, esimerkiksi moottorin tai sylinterin. Kun robotin nivel on varustettu kahdella toimilaitteella, sitä kutsutaan differentiaaliniteleksi. Kaksi toimilaitetta vaaditaan siksi, että saadaan toteutettua vapausasteelta vaadittavat liikkeet. (Kuivanen 1999, 15-16.)

Teollisuusrobotit voidaan jaotella mekaanisilta ominaisuuksiltaan avoimeen kinemaattiseen rakenteeseen ja suljettuun kinemaattiseen rakenteeseen. Avoimessa rakenteessa tukivarret liitetään toistensa perään nivelillä. Tämä on nykyään yleisin teollisuusroboteissa käytettävä ratkaisu. Suljetussa kinemaattisessa rakenteessa tukivarret kytketään rinnakkain ja näin päästään kevyempiin rakenteisiin. (Kuivanen 1999, 15-16.)

Teollisuusroboteissa robotin käsivarsi on varustettu työlaiteella, joka suorittaa varsinaisen työn. Työlaite voi olla esimerkiksi hitsauspoltin, kappaleenkäsittelijä, tai tarttuja. Muita komponentteja ovat anturit, oheislaitteet ja kaapelointi. Kuvassa 2 on esitetty teollisuusrobotti komponentteineen. (Kuivanen 1999, 15-16.)



KUVA 2. Teollisuusrobotin komponentit (Kuivanen 1999, 13)

3.3 Kiertyvänivelinen robotti

Yleisin teollisuusrobotti nykyään on kiertyvänivelinen robotti. Kiertyvänivelinen robotti kykenee roboteista parhaiten matkimaan ihmiskäden liikettä. Yleisimmin kiertyvänivelisissä roboteissa on kuusi vapausastetta ja vähintään kolme niistä on kiertyviä vapausasteita. (Kuivanen 1999, 16-18.)

Kuudella vapausasteella varustettu kiertyvänivelinen teollisuusrobotti on yleisin hitsausteollisuudessa käytetty robotti. Kiertyvänivelinen robotti on joustavampi ja ulottuvampi vaikeisiin paikkoihin verrattuna muihin robotteihin. Hitsauksessa käytetään myös suorakulmaisia robotteja ja SCARA-robotteja. Suorakulmaiset ja SCARA-robotit eivät sovellu joustavaan piensarjatuotantoon yhtä sujuvasti, kuin kiertyväniveliset robotit. (Norrish 2006, 225-226.)



KUVA 3. Kiertyvänivelinen Motoman robotti (LOGISMARKET.)

3.4 Robottisovelluksia

2000-luvun alkuun mennessä Suomessa robottisovelluksia on käytetty esimerkiksi vaihteistokoteloiden kaarihitsaukseen Valmet Voimansiirto Oy:llä. Suurimpana ongelmana vaihteistokoteloitten hitsauksessa ovat koteloitten rakentesta johtuvat suuret mittaepätarkkuudet (jopa useita senttejä), joita kyetään kuitenkin kompensoimaan railonhauulla ja seurannalla. Robottiasema on toteutettu siten, että kuudella vapausasteella varustettu hitsausrobotti on kiinnitetty 3-akseliseen portaaliin ja kappaleenkäsittelijöinä asemassa on kaksi 2-akselista pyörityspöytää. Näin asemassa on 13 erillistä servo-ohjattua akselia. (Kuivanen 1999, 120-132.)

Toisena esimerkkinä on Lappeenrannan teknillisen yliopiston iso 3D-työasema CO₂-lasertyöstöön. Työstöasema on rakennettu LUT:n lasertyön laboratorion, laitetoimittajien ja alueen yritysten yhteistyönä. Robottiratkaisuna on käytetty portaalityyppistä robottia ja apulaitteina pyöritys- ja nostopöytä. Näin saadaan 5 vapausastetta joilla mahdollistetaan lasertyöstö pitkin kaksoiskaarevaa pintaa, eli siirtyminen tasosta avaruuteen. Lisäksi lasertyöstöasemassa käytetään optista railonseurantaa. (Kuivanen 1999, 120-132.)

Yleisimpiä lasertyöstösovelluksia ovat hitsaus, leikkaus, poraus ja pintakäsittely. Tällä järjestelmällä voidaan työstää metallia, polymeerejä ja keramiikkaa. Muita teollisuudessa käytettyjä robottisovelluksia ovat mm. kappaleenkäsittely- ja palvelurobotit, sekä hitsausrobotit erilaisin sovelluksin. (Kuivanen 1999, 120-132.)

4 HITSAUS

Hitsaus on osien liittämistä toisiinsa lämmön ja/tai puristuksen avulla siten, että osat yhdistyvät toisiinsa. Hitsauksessa lämmön tuottaa yleisesti hitsausvirtalähde, joka tuottaa sähköistä valokaarta. Valokaareen perustuvaa hitsausta kutsutaan kaarihitsaukseksi. (Kemppi Oy.)

Osia voidaan liittää pelkällä valokaaren tuottamalla lämmöllä, joka sulattaa hitsattavat osat yhteen. Esimerkkinä tästä on vaikkapa TIG-hitsaus. (Kemppi Oy.)

Yleensä hitsi tuotetaan kuitenkin hyväksikäyttämällä myös lisäainetta, jota syötetään langansyöttölaitteistolla hitsauspistoolin läpi (MIG/MAG-hitsaus), tai käsin syötettävällä hitsauspuikolla. Lisäaineen sulamispiste tällöin on oltava lähelle sama kuin hitsattavalla materiaalilla. (Kemppi Oy.)

Hitsi on suojattava hapettumiselta ja ympäröivän ilman vaikutuksilta, jotta se saadaan kestäväksi. Suojaus tapahtuu joko suojakaasun tai hitsauskuonan avulla. MIG/MAG-hitsauksessa suojakaasua syötetään hitsauspolttimen kaasusuuttimen kautta. Puikkohitsauksessa lisäainepuikko on päällystetty materiaalilla, joka synnyttää hitsisulan päälle suojakaasua ja hitsauskuonaa. (Kemppi Oy.)

Yleisimpiä hitsattavia materiaaleja ovat metallit. Myös muoveja voidaan hitsata, jolloin tarvittava lämpö toteutetaan kuumalla ilmalla tai sähkövastuksella. (Kemppi Oy.)

4.1 Muodonmuutokset hitsattavissa rakenteissa

Lämpöenergiaan perustuvaan hitsaukseen liittyy aina lämmöstä johtuvia jännityksiä. Kun hitsattava perusaine kuumennetaan sulamislämpötilaan, tuo se myös hitsattavan alueen ympärille lämpöä. Hitsattavan materiaalin esikäsittely, esilämmitys, hitsaus ja hitsauksen jälkeiset toimenpiteet, kuten jäähdytys aiheuttavat epätasaisen lämmönkulun perusaineeseen. Epätasainen lämmönkulku aiheuttaa muodonmuutoksia.

Kun teräksen lämpötila nousee 1000 Celsius-asteeseen ei siinä ole oleellisia jännityksiä, mutta se on tyssäntynyt voimakkaasti. Teräksen kiderakenne alkaa muuttua austeniittiseksi, kun lämpötila nousee yli 700 Celsius-asteen. Raaka-aineen lämpötila hitsauksen aikana nousee n. 1600 Celsius-asteeseen, jolloin hitsauskohta on täysin sulassa tilassa ja sen lujuus on käytännössä hävinnyt. Hitsauksen jälkeen hitsattu aine alkaa jäähtyä ja lämpötila laskee hitsissä ja hitsiä ympäröivällä alueella. Jäähtymisvaiheessa rakenteeseen muodostuu lämpökutistumia. Lujuus palautuu vähitellen ja austeniittinen olotila häviää osittain. (Lepola ja Makkonen 2005, 352-353.)

4.1.1 Hitsauksen aiheuttamat pitkittäisjännitykset

Kahta levyä hitsattaessa yhteen ja hitsin jäähtyessä aiheutuu vetojännitystä, joka pyrkii taivuttamaan hitsattavia levyjä kaarelle. Hitsauksen jälkeen hitsauskohta pyrkii kutistumaan enemmän kun ympärillä olevat levyt. Tämä aiheuttaa levyn päihin puristusjännityksiä. Ohuilla levyillä tämä aiheuttaa lommoutumista. Myös paksuja levyjä hitsattaessa hitsi pyrkii kutistumaan, tämä aiheuttaa levyjen kaareutumista. Muodonmuutoksia voidaan estää suunnittelemalla ympäröivä rakenne siten, että se vastustaa hitsin kutistumisen aiheuttamia voimia, mutta taas toisaalta hitsattuun rakenteeseen jää tässä tapauksessa jännityksiä. (Lepola ja Makkonen 2005, 353-354.)

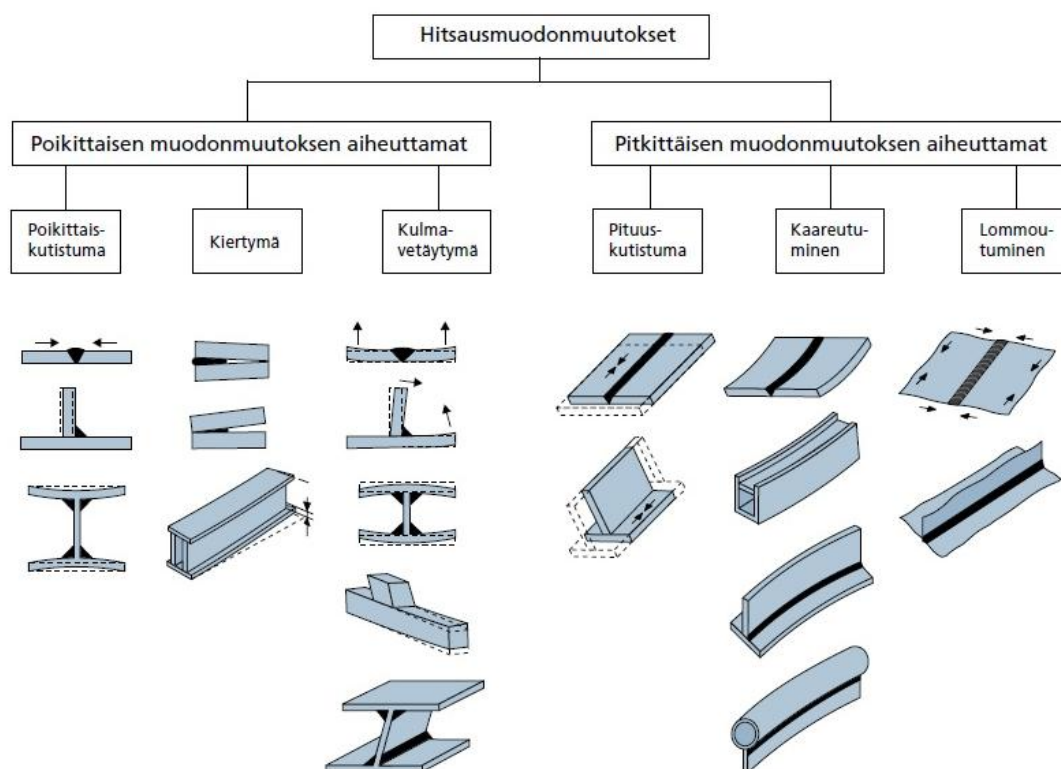
4.1.2 Hitsauksen aiheuttamat poikittaiset muodonmuutokset.

Hitsin poikittaisiin muodonmuutoksiin vaikuttavia tekijöitä on hitsaustapa, hitsauksessa tuotu lämpöenergia ja lämpöenergian poistumisen tasaisuus. Muita vaikuttavia tekijöitä on hitsattava materiaali, hitsauspalkojen lukumäärä, hitsausrillon muoto ja rakenteen jäykkyys. Monipalkohitsauksen etuna verrattuna yhdellä palolla hitsaukseen on pienempi lämmöntuonti yhdellä kertaa. Monipalkohitsauksessa hitsin alemmat kerrokset ovat jo jäähtyneet kun ylempiä palkoja hitsataan. (Lepola ja Makkonen 2005, 353-354.)

Yleisin hitsauksen aiheuttama muodonmuutos on kulmavetäytyminen. Päittäisliitoksissa V-railoon hitsattu rakenne pyrkii vetäytymään hitsatulta puolelta. Myös pienahitsauksessa hitsattava rakenne pyrkii taipumaan hitsauksen suuntaan. Kulmavetäytymistä voidaan ennaltaehkäistä railovalinnalla, kuten X-railolla, jota hitsataan molemmilta puolilta vuorotellen. Pienahitsin kulmavetäytymistä voidaan korjata kulmaennakolla. (Lepola ja Makkonen 2005, 353-354.)

4.1.3 Muodonmuutoslajit

Kuvassa 4 on esitetty poikittaisen muodonmuutoksen ja pitkittäisen muodonmuutoksen aiheuttamia muodonmuutostyypppejä



KUVA 4. Tyypillisiä hitsausmuodonmuutoksia (Lepola ja Makkonen 2005, 356)

4.1.4 Hitsausjännitysten vaikutusten minimointi.

Pituussuuntaista kutistumista voidaan vähentää. (Lepola ja Makkonen 2005, 355-357.)

- pienentämällä lämmöntuontia
- monipalkohitsauksen käytöllä
- katkohitsauksella
- esijännityksen asettamisella.

Poikittaissuuntaisia kutistumia voidaan vähentää: (Lepola ja Makkonen 2005, 355-357.)

- pienentämällä lämmöntuontia
- välttämällä ylisuuria pienahitsejä
- erilaisilla hitsauskiinnittimillä
- hitsattavan rakenteen järkevällä suunnittelulla.

Kiertymää ja kulmavetäytymistä voidaan ennaltaehkäistä rakenteen suunnittelulla, lämmöntuonnin vähentämisellä, hitsauskiinnittimillä ja railovalinnoilla. (Lepola ja Makkonen 2005, 355-357.)

4.2 MIG/MAG-hitsaus

MIG/MAG-hitsauksessa virtalähde tuottaa virran, jolla saadaan aikaan valokaari hitsauspistoolin kautta hitsauslangan ja työkappaleen väliin. Valokaarella sulatetaan hitsattava materiaali ja lisäainelanka. Näin muodostuu hitsisula. Hitsaustyön aikana lankaa syötetään jatkuvasti langansyöttölaitteistosta. Samalla myös suojakaasua johdetaan hitsauspolttimen kautta hitsiin. (Kemppi Oy.)

MIG-hitsauksessa käytetään suojakaasuna inerttiä suojakaasua, josta tulee nimi Metal Inert Gas welding. Inertti suojakaasu ei reagoi hitsaussulan kanssa. MAG-hitsauksessa käytetään aktiivista suojakaasua, joka reagoi hitsisulan kanssa, mistä tulee nimi Metal Active Gas welding. (Kemppi Oy.)

Normaalisti suojakaasun seassa on aktiivista hiilidioksiidia tai happea. MAG-hitsaus on huomattavasti yleisempää kuin MIG-hitsaus. Usein puhutaan MIG-hitsauksesta, vaikka kyseessä on MAG-hitsaus. (Kemppi Oy.)

4.3 Robottihitsaus

Hitsausautomaatiossa hitsausautomaatti hoitaa hitsauspään kuljetusliikkeen ja hitsausprosessin ohjauksen ennalta tehdyn ohjelman mukaisesti. Nykyään robotteja käytetään useasti piensarjatuotannossa, jolloin ne täytyy olla uudelleen ohjelmoitavissa erilaisiin olosuhteisiin. (Kemppi Oy.)

Robottihitsaus on yleistynyt jo 1990-luvulla konepajateollisuudessa. Robottihitsauksella pyritään laskemaan tuotteiden hitsauksen työkustannuksia, jotka käsinhitsauksessa ovat usein jopa 70 – 80 % valmistuksen kokonaiskustannuksista. Robottihitsauksella ei pystytä juurikaan säästämään materiaalikustannuksissa verrattuna käsin hitsaukseen, mutta hitsauksen laatu saadaan useissa tapauksissa tasaisemmaksi. (Norris 2006, 218.)

4.3.1 Hitsausautomaation tehostaminen ja laatu

Hitsauksen automatisoinnilla pyritään tehostamaan hitsaustyötä. Oikein tehdyllä hitsauksen automatisoinnilla saadaan tuottavampaa hitsaustyötä, suurempaa tuotantokapasiteettia, tasaisempaa laatua ja kustannustehokkuutta. (Kemppi Oy.)

Hitsausautomaatiossa kustannusrakenne painottuu hankinnan alkupäähän. Laitteistokustannukset, testaus ja käyttäjien koulutus kuluttaa yrityksen resursseja. Tästä syystä hitsaustyön robotisointi on syytä suunnitella tarkasti etukäteen. Nykyinen tuotanto on analysoitava kaikkine kriittisine työvaiheineen ja niiden kustannukset on syytä selvittää. Lisäksi tuotteiden soveltuvuus robotisoitavaksi on tutkittava. (Kemppi Oy.)

Tuotteiden kustannustehokas automatisointi vaatii tuotteilta riittävää mittatarkkuutta, tuotteen soveltuvuutta robottihitsaukseen ja tuotteiden riittävää valmistusmäärää. (Kemppi Oy.)

Robottihitsauksen tehostaminen onnistuu esimerkiksi pienentämällä railotilavuutta. Toimivassa robottihitsauksessa hitsit ovat tasalaatuisia, joten ne voidaan mitoittaa ilman varmuuskerrointa juuri sopivan kokoisiksi. Hitsausautomaatiossa voidaan hyödyntää hitsauksen toistuvuutta ja tasalaatuisuutta, eli voidaan luottaa että kerran saavutettu ja mitattu tunkeuma toteutuu myös muilla hitsauskerroilla. (Kemppi Oy.)

Erityisesti robotisointiin tarkoitettuja hitsauslaitteistoja suositellaan käyttämään hitsausautomaatiossa, koska hitsauslaitteissa olevat toiminnot voidaan integroida robottiin siten, että niitä voidaan ohjata suoraan robotin ohjausyksiköllä. Robotisointiin tarkoitetuissa hitsauslaitteistoissa on otettu myös huomioon langansyötön kulkuominaisuudet, joilla saavutetaan tasainen langansyöttönopeus. (Kemppi Oy.)

5 HITSAUSKIINNITTIMET

Hitsauskiinnitin on robottihitsauslaitteiston merkittävä osa, joka pitää kaikki hitsattavat osat oikeassa asemassa toisiinsa ja robottiin nähden hitsauksen aikana. Kiinnitin on suunniteltava ja valmistettava huolella, että se vastaisi odotuksia. Kiinnittimen suunnittelusta ja valmistuksesta aiheutuu kiinteitä kustannuksia, jotka nostavat valmistuskustannuksia. Kiinnittimen suunnitteluun ja valmistukseen kuuluva aika on otettava myös huomioon robotisoidun hitsausprosessin alkuvaiheessa. (Suomen metalliteollisuuden keskusliitto 1987, 3.)

Hitsauskiinnittimen valmistus ja hitsauksen robotisointi on yleensä sitä kannattavampaa, mitä enemmän tuotteita valmistetaan. Tämä johtuu siitä, että robotisoinnin kustannukset painottuvat vahvasti prosessin alkuvaiheeseen. Kustannuksia aiheuttaa hitsauslaitteistojen ja apulaitteiden hankkiminen sekä ohjelmointi ja testaus. Hitsauskiinnittimen valmistuksen kannattavuutta lisää se, että sillä voidaan valmistaa useampaa tuotetta. Yleensä tämä ei ole mahdollista yksistään kiinnittimen suunnittelulla, vaan tuotteiden suunnittelulla tuoteperheittäin, jolloin valmistettavat tuotteet ovat samankaltaisia.

5.1 Hitsauskiinnittimen vaatimukset

Hyvän hitsauskiinnittimen ominaisuuksia ovat: (Suomen metalliteollisuuden keskusliitto 1987, 12.)

- Hitsattavan tuotteen kaikki osat on hitsattavissa kiinnittimessä.
- Robotti ulottuu hitsaamaan kaikki hitsit.
- Robotin ei tarvitse kiinnittimen vuoksi tehdä turhia liikkeitä.
- Hitsausasennot ovat optimaalisia.
- Hitsauksen paluuvirran reitti on tarkoin suunniteltu.
- Hitsattavat osat voidaan ladata ja purkaa kiinnittimestä esteettömästi ja nopeasti.

Kaikkia hyvän hitsauskiinnittimen ominaisuuksia ei aina pystytä toteuttamaan. Yleisimpiä ominaisuuksia rajoittavia tekijöitä ovat robotin kappaleenkäsittelylaitteisto ja hitsattavat tuotteet. Tuotteiden kiinnitys voi aiheuttaa väistöliikkeitä tai luoksepäästävyysrajoitteita robotille. (Suomen metalliteollisuuden keskusliitto 1987, 12.)

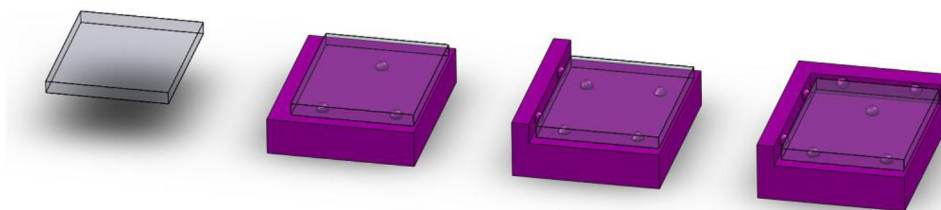
5.2 Levymäisten kappaleiden paikoitus

Hitsattavien levyosien paikoituksessa on tärkeää saada kappale staattisesti tiettyyn asemaan. Kuvas-
sa 5 on esitetty kappaleiden paikoitusta tukipisteillä.

Tukipisteiden määrää ja paikkoja valittaessa on huomioitava, että

- suurin määrä tukipisteitä sijoitetaan suurimmalle paikoitettavalle pinnalle
- tukipisteet valitaan kappaleiden mitoitus- ja toimintaperiaatteiden mukaan
- eri työvaiheissa käytetään mahdollisuuksien mukaan samoja vastinpintoja.

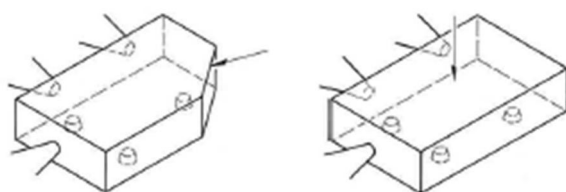
(Suomen metalliteollisuuden keskusliitto 1987, 12.)



KUVA 5. Kappaleen paikoitus tukipisteillä (Purhonen 2009, 76.)

Suurten ja ohuiden levyjen paikoituksessa voidaan käyttää useita tukipisteitä taipumisen estämiseksi tai korvata tukipisteet ohuilla tasomaisilla tukipinnoilla. Suuria tasomaisia tukipintoja on kuitenkin syytä välttää, koska niihin kerääntyy helposti roiskeita ja hitsauksen paluuvirran reitti voi muodostua epämääräiseksi. (Suomen metalliteollisuuden keskusliitto 1987, 12)

Levymaisille tuotteille voidaan käyttää aktiivista tai passiivista paikoitusta. Aktiivisessa paikoituksessa kiinnitysvoima painaa kappaletta jatkuvasti tukipisteitä vasten. Passiivisessa paikoituksessa kiinnitysvoima tulee vain yhteen suuntaan ja muissa suunnissa kappale pysyy paikoillaan kitkavoiman avulla. Kuvassa 6 esitetään aktiivista ja passiivista paikoitusta. (Suomen metalliteollisuuden keskusliitto 1987, 12.)



KUVA 6. Aktiivinen ja passiivinen paikoitus (Suomen metalliteollisuuden keskusliitto 1987, 13)

5.3 Kappaleiden kiinnitys kiinnittimeen

Joissain tapauksissa kappaleiden hitsattavan kappaleen paikallaan pitämiseen riittää maan vetovoima, mutta usein tarvitaan erillisiä kiinnitinkomponentteja, mikäli kappale käännetään hitsauksen aikana ylösalaisin, kiinnitysvoimien täytyy kyetä pitämään tuote paikoillaan kiinnittimessä.

Kiinnityskomponentteina käytetään usein käsikäyttöisiä pikakiinnittimiä, joista löytyy nykyään useita sovelluksia. Ne toimivat nivelvipumekanismilla aikaansaadulla voimalla ja ovat itselukittuvia. Ongelmana näillä kiinnittimillä on herkkyys tuotteiden mittamuutoksille. Jos kappale on liian pieni, puristusvoimaa ei aiheudu, kun taas liian suurella kappaleella puristusvoima on liian suuri, jolloin kiinnittintä ei saa lukittua. Tämä ongelma voidaan ratkaista käyttämällä kumisia painimia pikakiinnittimis-

sä, joilla voidaan kompensoida huomattaviakin mittapoikkeamia. Kumisessa painimessa haittana on kuluminen ja palaminenkin, jos se sijaitsee liian lähellä hitsiä. Näissä tapauksissa voidaan käyttää esimerkiksi jousitettuja painimia.

Nivelvipumekanismien lisäksi voidaan käyttää myös ruuveja, epäkeskoja, kiiloja ja standardikiinnittimiä. Kuvassa 7 on esitetty erilaisia pikakiinnitinesimerkkejä. (Suomen metalliteollisuuden keskusliitto 1987, 35-36.)



KUVA 7. Pikakiinnitinesimerkkejä (AMF 2009, 3)

6 METSÄKONEEN POHJAPANSSARIT

6.1 Hitsattavat tuotteet

Suunniteltavalla kiinnittimellä hitsattaviin tuotteisiin sisältyy yhdeksän erilaista metsäkoneen osaa. Tuotteet ovat yritykselle uusia, joita ei ole aiemmin valmistettu Ratesteelilla. Kaikki hitsattavat osat sisältävät pohjalevyn, johon sijoitetaan muut hitsattavat komponentit. Yleisesti pohjapanssarit hitsataan vain yhdeltä puolelta. Yhdessä tuotteessa myös pohjalevyn alapuolella on kaksi hitsattavaa teräseleikettä, mutta tuotteisiin tutustumisen yhteydessä päätettiin jättää kyseisen tuotteen alapuolen hitsaus käsin hitsattavaksi.

Pohjapanssareiden osat valmistetaan laser- ja plasmaleikkauksella. Laserleikkauksen etuna useaan muuhun leikkaustapaan on osien valmistustarkkuus, mikä myös helpottaa tuotteiden hitsausautomaatointia.

Hitsattavien tuotteiden ennakoitujen tuotantomäärien ja suhteellisen yksinkertaisuuden perusteella ne kannattaa siirtää automatisoituun tuotantoon.

6.1.1 Tuotteisiin tutustuminen

Tuotteisiin tutustuminen tapahtui Ratesteelin toimitiloissa koesarjan valmistuksen seuraamisella ja kokoamalla tuotteet silloitusvalmiiksi. Koesarjan valmistuksen aikana sai konkreettisen käsityksen pohjapanssareiden hitsauksesta ja niiden koosta. Pohjapanssarit myös valokuvattiin mahdolliseksi opinnäytetyön kuvamateriaaliksi.

6.1.2 Pohjapanssari 1

Tämä Pohjapanssari 1 on mitoiltaan suurin ja määrää kiinnittimen koon. Pohjapanssarin mittoina ovat pituus 1240 mm, leveys 640 mm, kansilevyn paksuus 6 mm ja paino 40 kg. Pohjapanssari 1 koostuu kansilevystä, kahdesta korvakelevystä, ja kuudesta tukilatasta. Tukilatat on suunniteltu itsestäänpaikoittuvaksi keskenään, mutta tukilattojen paikoitus kansilevyyn täytyy suorittaa erityisellä tarkkuudella ajatellen automatisoitua hitsausvalmistusta. Korvakelevyt, eli koukut hitsataan joko silloituksen yhteydessä paikoilleen, tai robottihitsauksen jälkeen. Näitä koukkuja ei kannata hitsata robotilla, koska paikoitus on monimutkainen ja hitsin mitta jää erittäin pieneksi.

6.1.3 Pohjapanssarit 2, 3 ja 4

Nämä pohjapanssarit ovat keskenään hyvin samankaltaisia ja ulkomitoiltaan lähelle toisiaan. Tuotteiden leveys 380-390 mm ja pituus 680 mm, pohjalevyn paksuudet 6-10 mm. Paino näillä panssareilla on n. 15 kg

Pohjapanssari 2 koostuu yhdestä kansilevystä, kahdesta korvakelevystä (koukusta), ja kolmesta tukilatasta. Tukilatat hitsataan kansilevyyn viiden millimetrin a-mitalla vuorokatkojina alapienaan. Tukilatat ovat itsestään paikoittuvia keskenään ja ne paikoitetaan myös kansilevyyn nastojen ja reikien avulla. Korvakelevyt hitsataan silloituksen yhteydessä käsin. Tämä tuotteen automatisointi ei vaadi erityistoimenpiteitä.

Pohjapanssari 3 koostuu 10 mm:n kansilevystä, ja kolmesta tukilatasta. Kaikki tukilatat hitsataan kansilevyyn 5 mm:n a-mitalla alapienahitsinä ympäri. Tukilatat ovat itsestään paikoittuvia keskenään, mutta tukilattojen paikoitus kansilevyyn vaatii tarkkuutta silloituksessa. Pohjapanssarin rakenne voitaisiin suunnitella uudestaan siten, että tukilattoihin ja kansilevyyn kehitettäisiin paikoituskohdat.

Pohjapanssari 4 koostuu 6 mm:n panssarilevystä, jäykistelatasta ja kiinnityslevystä. Jäykistelatta ja kiinnityslevy hitsataan panssarilevyyn 5mm:n a-mitalla katkojina. Kaikki tuotteet ovat itsestään paikoittuvia, joten tämä tuote on helppo automatisoida, eikä vaadi erityistoimenpiteitä.

6.1.4 Pohjapanssarit 5 ja 6

Pohjapanssarit 5 ja 6 ovat hyvin samankaltaisia kuin edellisessä luvussa mainitut panssarit, mutta kooltaan erikokoisia.

Pohjapanssarin 5 leveys on 563 mm, pituus 850 mm ja paino 27 kg. Panssarilevyn paksuus on 6 mm. Tuote koostuu panssarilevystä, tukilevystä, korvakelevystä ja jäykistelatasta. Edellä mainitut osat hitsataan 3 mm:n a-mitalla vuorokatkojilla ympäri panssarilevyyn. Kaikki tuotteen osat ovat itsestään paikoittuvia nastoilla ja panssarilevyyn tehdyillä rei'illä. Tämä tuote on helppo automatisoida, eikä aiheuta erityisiä toimenpiteitä.

Pohjapanssarin 6 leveys on 422 mm, pituus 804 mm ja panssarilevyn paksuus on 6 mm. Tuotteen paino on 22 kg. Tuote koostuu panssarilevystä, korvakelevystä, ja kahdesta erilaisesta tukilevystä. Tuotteen muut osat hitsataan 3 mm:n a-mitalla katkojilla molemmin puolin ympäri panssarilevyyn. Tämän tuotteen automatisointia voitaisiin helpottaa tekemällä osiin kohdistusnastat/ kohdistusreiät.

6.1.5 Pohjapanssarit 7, 8 ja 9

Nämä pohjapanssarit eroavat edellä mainituista tuotteista siten, että pohjalevyt ovat vahvuudeltaan 12 mm:n terästä ja jokaisessa pohjapanssarissa on reunoissaan jäykistelevyt. Kyseessä olevat pohjapanssarit ovat myös muodoiltaan täysin erilaisia, kuin muut kiinnittimeen asetettavat tuotteet.

Pohjapanssarin 7 leveys on 764 mm, pituus 648 mm ja pohjalevyn paksuus 12 mm. Tämä pohjapanssari painaa 69 kg ja on kaikista tuotteista painavin. Pohjapanssarirakenne eroaa todella paljon muista pohjapanssareista ja varsinkin jo edellä mainituista. Pohjapanssarissa on 16 mm paksut jäy-

kistelatat pohjalevyn kahdella sivulla ylä- ja alapuolella. Lisäksi tuote koostuu kahdesta jäykistelatasta ja kahdesta jäykistelevystä. Yleisin hitsaustapa tässä panssarissa on 5 mm:n a-mitalla katkohitsi ympäri, jolla muut osat liitetään pohjalevyyn. Pohjapanssariin tehdään lisäksi hitsauksen jälkeen reikiä koneistamalla.

Pohjapanssarin 8 leveys on 708 mm, pituus 609 mm ja pohjalevyn paksuus 12 mm. Paino tällä pohjapanssarilla on n. 60 kg. Pohjapassari koostuu pohjalevystä, kahdesta reunalevystä ja kahdesta jäykistelevystä. Jäykistelevyt hitsataan pohjalevyyn 5mm:n a-mitalla piena- ja puoli-v-hitseillä. Reunalevyt hitsataan 5 mm:n a-mitalla vuorokatkohtina pohjalevyyn. Pohjapanssarin osia ei ole suunniteltu siten, että ne ovat mitenkään itsepaikoittuvia. Tämän tuotteen automatisointia voitaisiin helpottaa huomattavasti tuotteelle tehtävällä silloitusjigillä, joka kohdistaa pohjapanssarin osat toisiinsa nähdessä.

Pohjapanssarin 9 leveys on 690 mm, pituus 682 mm ja pohjalevyn paksuus 12 mm. Pohjapanssari koostuu pohjalevystä, kahdesta välilatasta, kahdesta pohjapanssarin tukilatasta ja kahdesta pohjapanssarin poikittaislatasta. Panssarin paino on 55 kg. Kaikki osat hitsataan keskenään 5 mm:n tai 6 mm:n pienahitseinä ympäri. Tähän tuotteeseen kannattaa myös tehdä silloitusjigi, jos näitä hitsataan jatkossa suuria määriä.

6.2 Pohjapanssareiden tuotantomäärät

Pohjapanssareiden ennakoitu tuotantomäärä vuodessa on yli 3000 kappaletta. Suurin yksittäisen pohjapanssarimallin ennakoitu menekki on 800 kpl ja pienin ennakoitu menekki on 15 kpl. Myös pienet tuotantomäärät on järkevää automatisoida, koska niissä on paljon yhteneväisyyksiä paljon valmistettavien tuotteiden kanssa. Tästä syystä ne on myös huomioitu hitsauskiinnittintä suunnitellessa. Pohjapanssareiden ennakoidut tilauseräkoot vaihtelevat useimmin valmistettavilla tuotteilla 5 kpl:een, 10 kpl:een ja 40 kpl:een sarjoihin. Tästä syystä tilauserä koko ja tuotantoerä on yksi kiinnittimen malliin ja muotoon vaikuttavista tekijöistä. Kiinnittimen yhtenä lähtökohdista voidaan pitää tuotantoerää. Esim. kiinnittimeen voidaan kiinnittää 10 tuotetta samaan aikaan. Yhdellä kiinnittimen latauksella voidaan valmistaa yhden, kolmen, viiden ja kymmenen kappaleen tuotantoerät. Tämä on tuotantotaloudellisesti järkevämpi vaihtoehto, kuin valmistaa kiinnitin esimerkiksi kolmella, tai neljällä yhtäaikaista tuotteella ladattavaksi. Neljällä tuotepaikalla varustettua kiinnittintä jouduttaisiin lataamaan viiden kappaleen tuotantoerässä kaksi kertaa, jotta tuotantoerä saadaan valmistettua.

7 HITSAUSKIINNITTIMEN SUUNNITTELU

7.1 Lähtökohdat

Opinnäytetyön tärkein tavoite on suunnitella hitsattavien pohjapanssareiden valmistukseen soveltuva hitsauskiinnitin. Kiinnittimen tulee olla helppokäyttöinen ja siihen on saatava kiinnitettyä tarvittava määttä hitsattavia tuotteita, että tuotteiden valmistaminen automatisoidusti on tuotantotaloudellisesti järkevää. Yksi keskeisistä tavoitteista on tehdä yksi kiinnitin, jolla valmistetaan kaikkia tähän opinnäytetyöhön rajattuja tuotteita. Tarvittaessa voidaan suunnitella useampi kiinnitin, jos todetaan, että yhdellä kiinnittimellä ei päästä toivottuun lopputulokseen.

Työn aikana saavutettavia konkreettisia tuloksia ovat toimiva valmistettavissa oleva hitsauskiinnitinsuunnitelma, SolidWorks 3D-mallinnusohjelmalla toteutettu 3D-malli ja valmistukseen tarvittavat työkuvat.

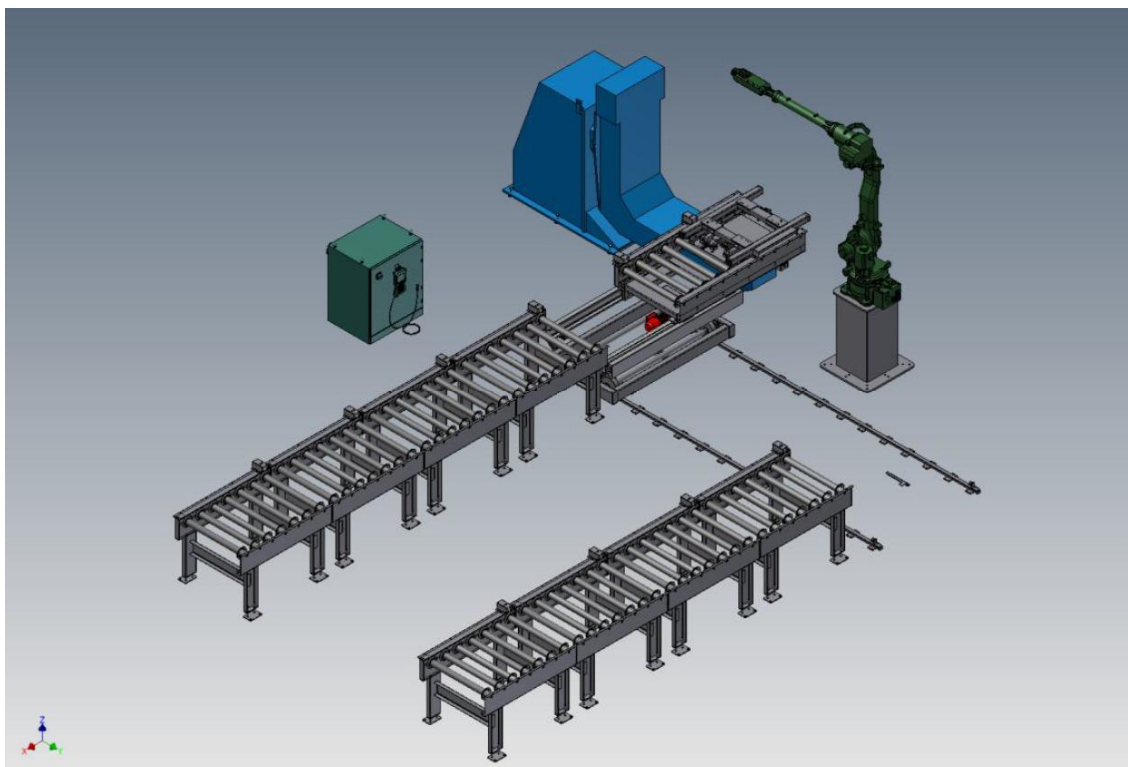
7.1.1 Hitsattavien tuotteiden vaatimukset kiinnittimelle

Pohjapanssarit eroavat toisistaan mitoiltaan ja rakenteiltaan. Tästä syystä kiinnittimeen ei voida tehdä yksiä kiinnityskohtia kaikille pohjapanssareille. Suurin pohjapanssari on 1240 mm pitkä ja 640 mm leveä, joten kiinnittimen suurin kiinnitysalue määräytyy sen mukaan. Painavin pohjapanssari painaa 68 kg, ja sen on pysyttävä kiinnittimessä paikoillaan kiinnittimen jokaisessa asennossa. Tämä vaikuttaa kiinnityselementtien vaatimuksiin.

7.1.2 Robottiasema ja robottiaseman vaatimukset kiinnittimelle

Pohjapanssareiden hitsausvaiheet toteutetaan jatkossa robottiasemalla, joka koostuu Motoman MH50-20 hitsausrobotista, Motoman MT1-1500 kappaleenkäsittelypöydästä, rullaradasta ja Fronius hitsauslaitteistosta.

Robottiasema asettaa tiettyjä rajoituksia ja vaatimuksia kiinnittimelle. Kiinnittimen täytyy olla kuljettavissa rullarataa pitkin ja kiinnitettävissä robotin kappaleenkäsittelijään. Ladattu kiinnitin täytyy myös olla siirrettävissä rullaradalle ja rullaradalta pois nosturilla. Kappaleenkäsittelylaitteen toimintatapa vaatii tuotteiden kiinnipysymisen paikallaan missä tahansa asennossa. Robottiaseman koko, robotin käsivarren ulottuvuus ja kappaleenkäsittelypöydän käsittelykyky asettavat reunaehdot kiinnitinsuunnitteluun. Kuvassa 8 Motoman hitsaussolun 3D-malli.

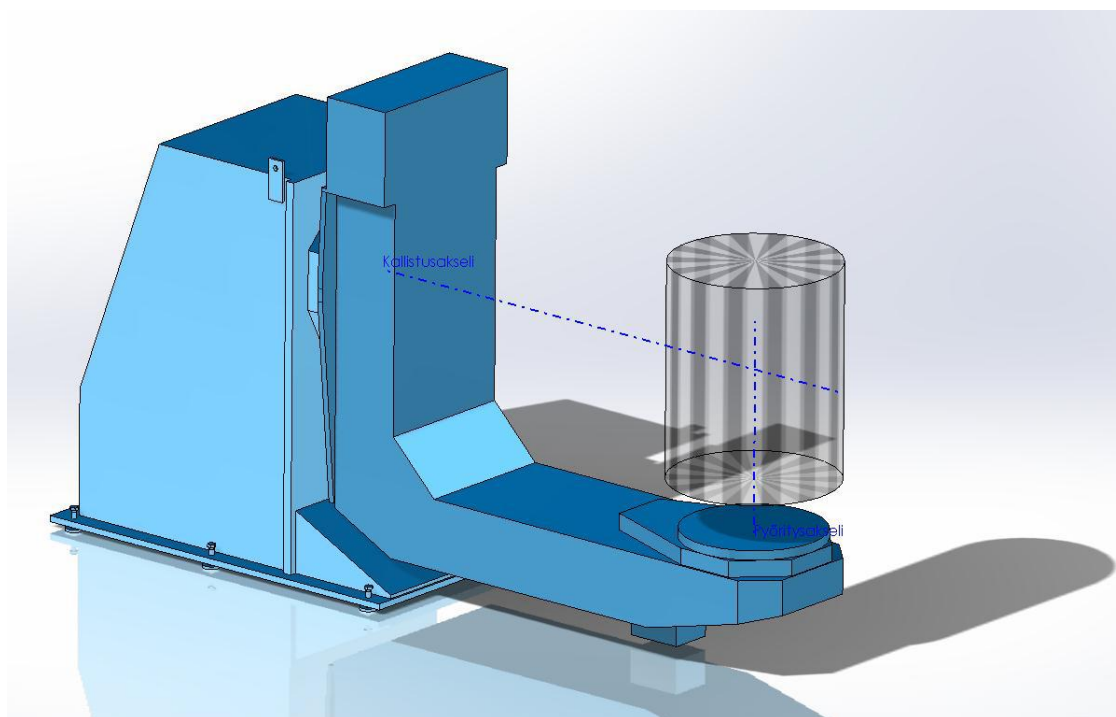


KUVA 8. Motoman hitsausrobottisolu (Yaskawa Finland Oy 2011.)

Myöskään kiinnittimen painopiste ei saa ylittää tiettyjä raja-arvoja. Raja-arvoina Yaskawa Finland Oy:n mukaan on kappaleenkäsittelijän suurin sallittu kuormankäsittelykyky 1 500 kg. Suurin sallittu momentti staattisella kuormalla on 6 632 Nm, siten allaolevan kaavan 1 mukaisesti painopisteen etäisyys 1 500 kg:n kuormalla saa olla enintään 450 mm kallistusakselista. Pyöritysakselin suurin sallittu momentti on 5 184 Nm. Suurimman sallitun kuorman voimassaoloalue on kuvattu kuvassa 9. (Motoman Instruction manual MT1-1500S2N 2008.)

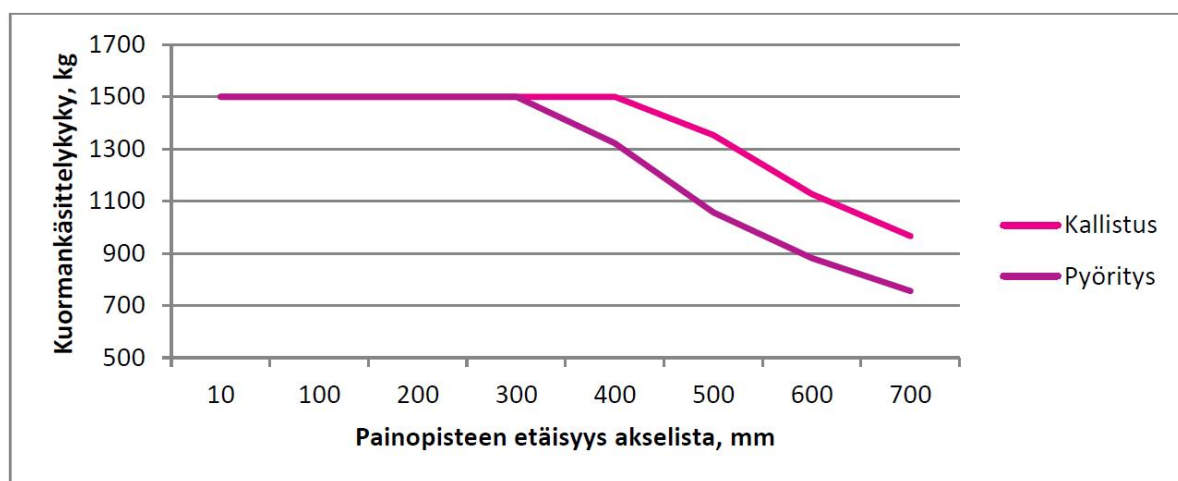
$$\frac{M}{mXg} = l \quad [m]$$

KAAVA 1. Painopisteen suurin sallittu etäisyys l kallistusakselista (Motoman Instruction manual MT1-1500S2N 2008.)



KUVA 9. Maksimikuorman voimassaoloalue (Motoman Instruction manual MT1-1500S2N 2008.)

Pyöritysakselin kuormankäsittelykyky heikkenee nopeasti painopisteen ollessa yli 300 mm:n päässä pyöritysakselin keskiöstä. Kun pyöritysakselin suurimman sallitun kuorman raja-arvo ylitetään, lähestyy myös paletin ulkomitat. Painopisteen ylittäessä paletin ulkomitat myös paletin vakaus heikkenee ja voi aiheuttaa paletin kaatumisen. Kuviossa 1 on esitetty etäisyyden vaikutus kuormankäsittelykykyyn. (Kauppinen 2012, 27-28.)



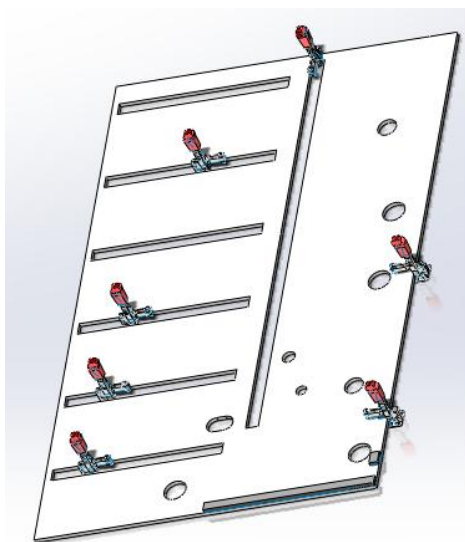
KUVIO 1. Painopisteen etäisyys akselista (Kauppinen 2012, 28.)

7.1.3 Asiakasyrityksen vaatimukset kiinnitinsuunnittelulle

Yrityksen toimintaperiaatteisiin kuuluu, että kyseisellä robottiasemalla valmistetaan yhdellä kiinnittimen latauksella useita samanlaisia tuotteita yhtä aikaa. Tästä syystä yksi kiinnittimen lähtökohdista on, että siihen saadaan mahdollisimman paljon tuotteita samanaikaisesti. Tuotteiden kiinnitys ja irroitus on tapahduttava mahdollisimman nopeasti, ettei turhaan kiinnitys- ja säätötyöhön kulu tuottavaa työaikaa. Kiinnittimen valmistusmenetelmiä rajattiin työn alussa siten, että lastuavaa työstöä pyritään välttämään kiinnittimen valmistuksessa, koska lastuava työstö on erittäin kallis tuotantomenetelmä muihin mahdollisiin menetelmiin verrattuna.

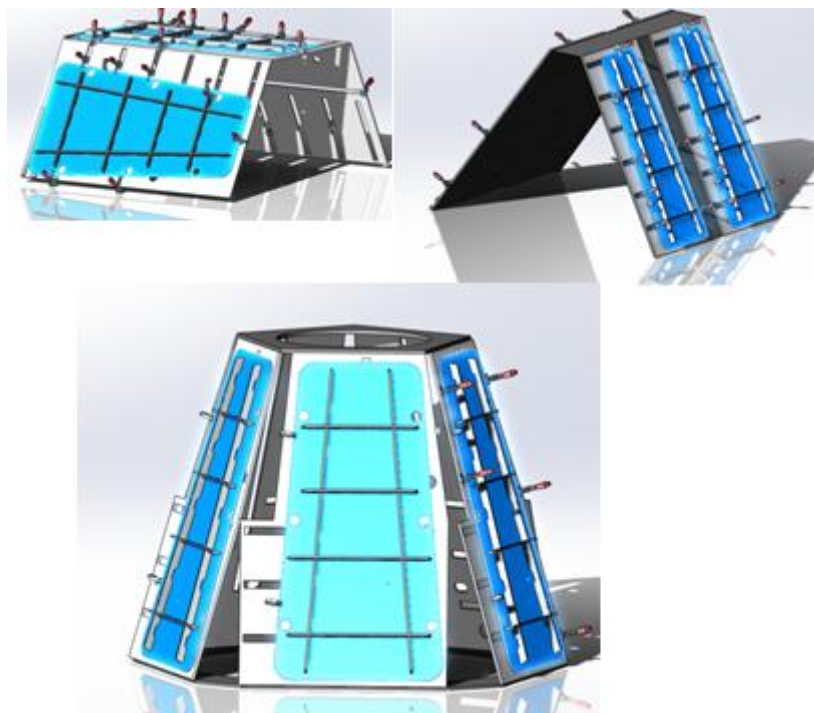
7.2 Hitsauskiinnittimen luonnostelu

Erilaisten pohjapanssareiden suuri määrä ja tuotteiden monimuotoisuus rajoitti heti luonnostelun alussa vaihtoehtoja tuotteiden kiinnitysasennosta. Kiinnitinsuunnittelun alkuvaiheessa päädyttiin ideaan, jossa pohjapanssareiden panssarilevy tulee kiinnitinlevyä vasten. Tällä asennolla saadaan panssarilevyjen tasopinta suurimmaksi vastepinnaksi ja näin voidaan eliminoida panssarilevyjen hallitsematonta hitsauksesta johtuvaa muodonmuutosta kiinnittimellä. Kiinnitinlevyä ei tässä vaiheessa luonnostelua sidottu mihinkään tiettyyn asentoon. Ideana oli, että tämäntyyppisen kiinnitinlevyn asento pidetään vapaana. Pohjapanssarit paikoitetaan levyyn alavasteen ja jokaista tuotetta varten tehdyn reiän sekä paikoitustapin avulla ja kiinnitetään urissa liikkuvilla pikakiinnittimillä. Kuvassa 10 on esitetty kiinnitinlevyn ensimmäinen luonnos.



KUVA 10. Kiinnitinlevyn luonnos 1. (Ilkka Nissinen)

Kiinnitinlevyn luonnoksen jälkeen kiinnitinlevyjen asentoa ja määrää kiinnittimessä suunniteltiin. Eri-laisia kiinnitinmalleja kehitettiin neljä, joista kaikki perustuivat samantyyppiseen kiinnitinlevyyn. Sama-aan aikaan kiinnitinmallin kehittelyn yhteydessä kiinnitinlevyä kehitettiin ja haettiin erityyppisiä kiinnitinvaihtoehtoja, joita on esitetty kuvassa 11.

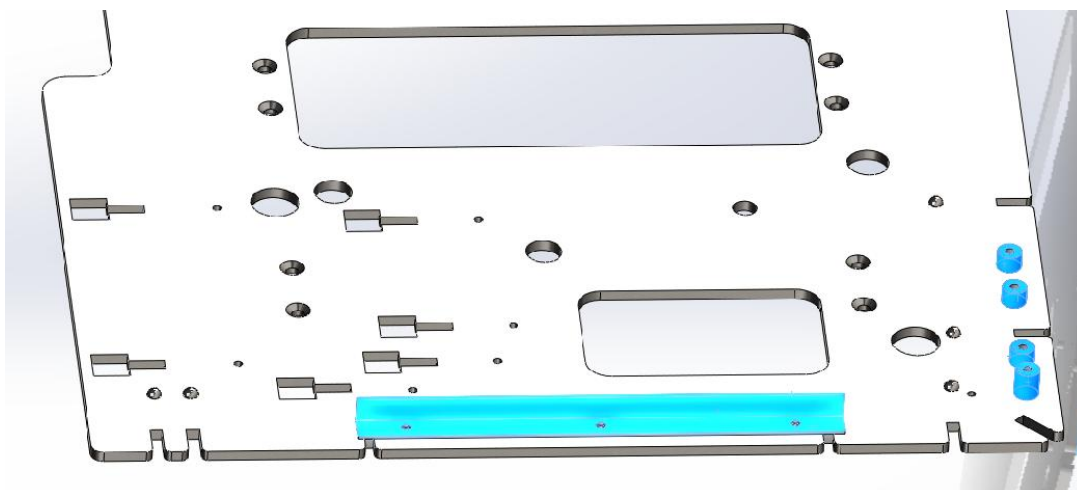


Kuva 11. Kiinnitinvaihtoehtoja (Ilkka Nissinen)

Kiinnittimen mallien luonnosten jälkeen päätettiin kiinnittimestä suunnitella viisiapaikkainen revolve-rimalli. Tämän kiinnittintyyppin valintaan johtavia syitä olivat:

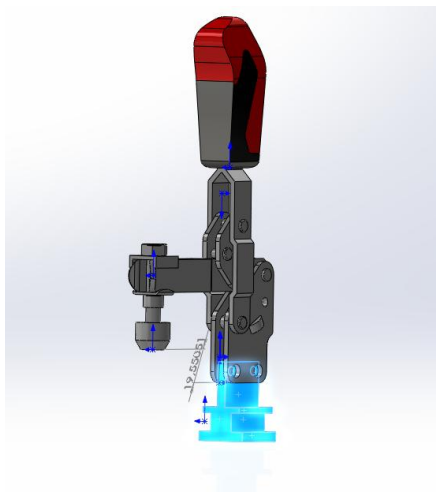
- rinnakkaissiirron käytön mahdollisuus ohjelmoitaessa
- tuotantoerät (1/3/5 kpl ja 5/10/40 kpl)
- suurimman pohjapanssarin vaatima tila
- suurin mahdollinen määrä tuotteita yhteen kiinnittimeen.

Kiinnittimen mallin valinnan jälkeen kiinnitinlevyn mallin suunnittelua jatkettiin. Pikakiinnittimien liuku-urat korvattiin t-urakappaleille tarkoitetuilla urilla, joihin pikakiinnitin voidaan asettaa. Pohjapanssarin paikoittamisesta paikoitustapeilla luovuttiin ja paikoitusreikien lisäksi suunniteltiin sivuvasteet, jotka kiinnitetään kiinnitinlevyyn. Näin paikoitusreiät jäävät vain tuotteen oikean asennon tunnistamiseksi ja tuotteen asemointi tapahtuu vasteiden avulla. Kuvassa 12 on kiinnitinlevy ja vasteet.



KUVA 12. Vasteet kiinnitinlevyssä (Ilkka Nissinen)

T-uraosa suunniteltiin tässä vaiheessa teräksestä koneistettavaksi osaksi, johon pikakiinnitin kiinnitetään ruuviliitoksella. Pikakiinnitin ja t-uraluonnos on esitetty kuvassa 13.



KUVA 13. kiinnitin ja t-uraluonnos (Ilkka Nissinen)

Muita kiinnitystapoja tuotteelle luonnosteltiin koneistuskiinnittimistä ja pulteista, mutta niistä ei löydetty tarpeeksi nopeasti ja helposti käytettäviä ratkaisuja, joten Amf-pikakiinnittimiä pidettiin tässä vaiheessa parhaana vaihtoehtona kiinnitykselle. Pikakiinnittimille on olemassa myös useita muita valmistajia, mutta Amf-pikakiinnittimien valintaan vaikuttavana tekijänä oli myös sähköisen 3d-tuotemalliston saatavuus. Valmiita 3d-malleja voitiin käyttää suoraan Solid Works-ohjelmalla suunniteltaessa, joka helpotti huomattavasti suunnittelutyötä.

7.3 Hitsauskiinnittimen suunnittelu

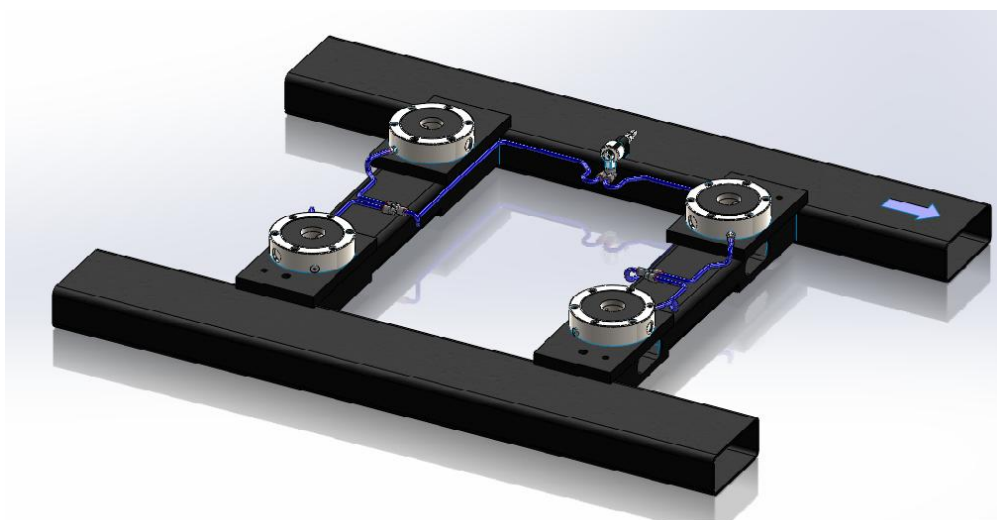
Kiinnitinluonnostelun ja perusratkaisujen luonnosten jälkeen alkoi kiinnittimen suunnittelu. Kiinnittimelle suunniteltiin alalevy, runkoelementit, ylälevy, kiinnitinlevy, vasteet ja kiinnitinkomponentit. Kiinnittimeen käytettiin myös valmiiksi suunniteltua pohjalevyä ja palettia.

Kiinnittimen perusrakenteena on 8 mm:n vahvuinen rakenneteräslevy. Muita kiinnittimen materiaali-vahvuuksia on 10 mm ja 12 mm. Osina kiinnittimessä käytetään laserleikattuja teräsleikkeitä ja liitostyypit ovat hitsausliitokset ja ruuvi-liitokset.

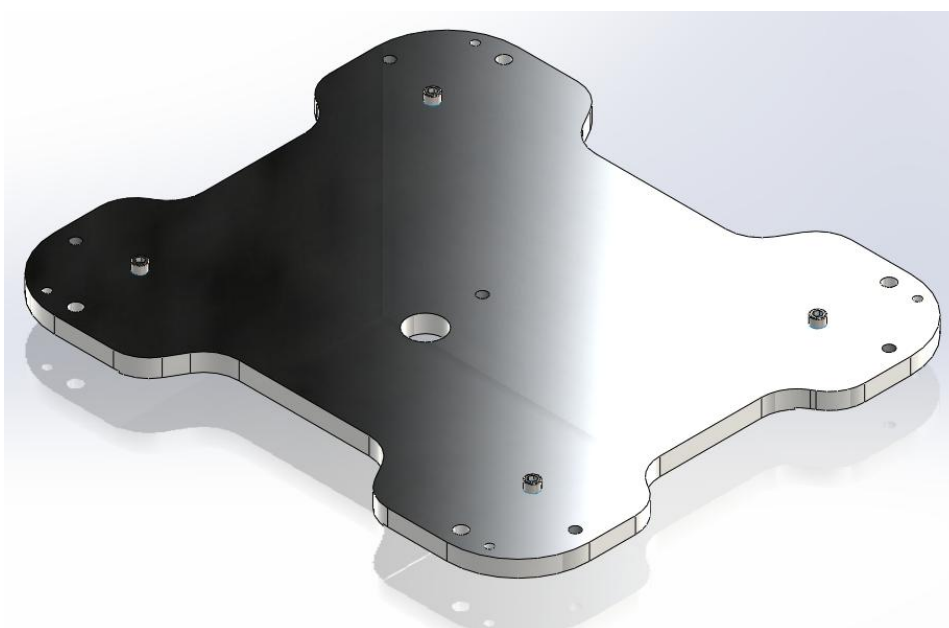
7.3.1 Paletti ja pohjalevy

Paletti ja pohjalevy on kehitetty Ratesteel Oy:llä ja näihin ei tehty mitään muutoksia. Paletti on valmistettu 120x80 mm putkipalkeista ja paletissa on paikat kiinnittimen kiinnittämiseksi nollapistekiinnittimin. Kiinnittäminen voidaan tehdä myös pulteilla. Paletti on esitetty kuvassa 13.

Pohjalevy on koneistettu levy, jossa on paikat nollapistekiinnittimille ja reikiä, joihin kiinnitin voidaan kiinnittää. Tässä tapauksessa käytetään pohjalevyssä olevia M16 kierrereikiä, joihin kiinnitin kiinnitetään alalevystä pulttiliitoksilla, sekä halk. 10.5 mm sokkareikiä kiinnittimen kohdistukseen. Pohjalevy on esitetty kuvassa 15.



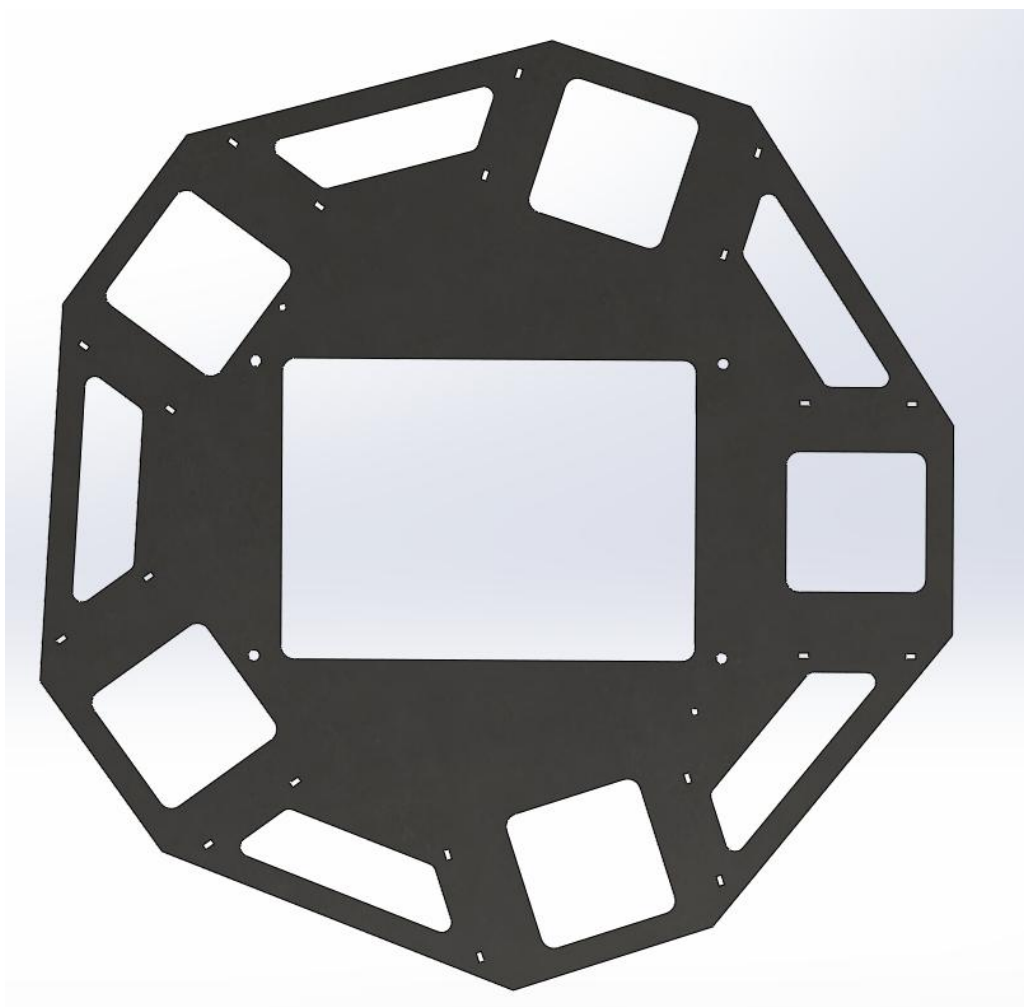
Kuva 14. 3D-malli paletista nollapistekiinnittimin (Ratesteel)



KUVA 15. 3D-malli pohjalevystä (Ratesteel)

7.3.2 Kiinnittimen alalevy

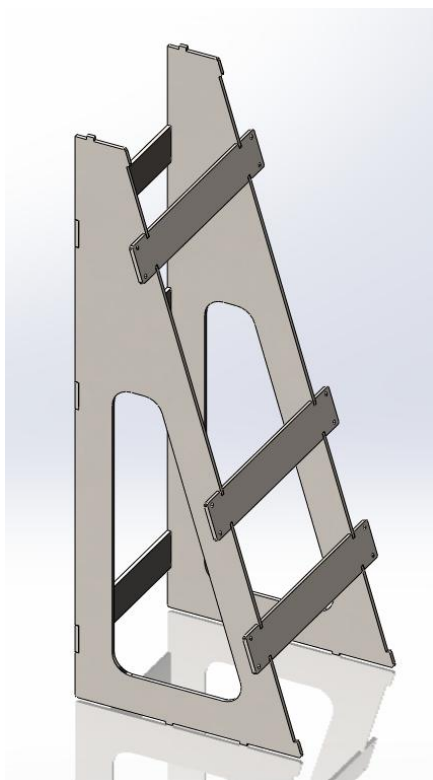
Kiinnittimen alalevy on 8 mm:n teräslevyä. Alalevy suunniteltiin viisikulmaiseksi ja kulmat viistettiin muotoilullisista syistä. Levyssä on 17 mm:n vapaareiät M16 ruuveille, joilla kiinnitin kiinnitetään pohjalevyyn, sekä kaksi 10.5 mm:n sokkareikää kiinnittimen kohdistamiseen paletin ja pohjalevyn suhteen keskelle. Alalevyssä olevat pienet nelikulmaiset reiät on tarkoitettu runkoelementtejen paikointukseen ja muut reiät ovat kevennysreikiä. Alalevyn vahvuus yksinään ei riitä tuottamaan kiinnittimelle vaadittavaa jäykkää rakennetta, mutta kiinnittimeen liitettävä pohjalevy, joka on koneistettu 20 mm:n levyleike, sekä kiinnittimen runkoelementit, sekä ylälevy yhdessä varmistaa kiinnittimen jäykän rakenteen. Kiinnittimen alalevyn 3D-malli on kuvattu kuvassa 16.



KUVA 16. Alalevyn 3D-malli ylhäältä kuvattuna (Ilkka Nissinen)

7.3.3 Kiinnittimen runkoelementit

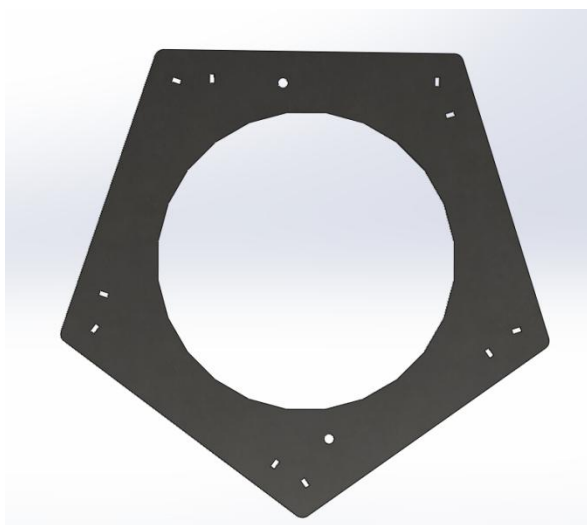
Kiinnittimen runkoelementit koostuvat 8 mm:n levyleikkeistä. Levyleikkeet on suunniteltu itsestään-paikoittuvaksi keskenään ja valmiit runkoelementit ovat itsestäänpaikoittuvia kiinnittimen ala- ja ylälevyyn. Runkoelementtien tarkoitus on vahvistaa kiinnittimen rakennetta ja helpottaa kokoonpantavuutta. Runkoelementit kiinnitetään katkositseillä ala- ja ylälevyyn. Tällainen rakenneratkaisu jäykistää varsinkin alalevyä. Kiinnitinlevyt kiinnitetään ruuviliitoksilla rungon tukilevyihin. Kiinnittimen runkoelementti on esitetty kuvassa 17.



KUVA 17. Kiinnittimen rungon 3D-malli (Ilkka Nissinen)

7.3.4 Ylälevy

Kiinnittimen ylälevy on tehty 12 mm:n teräslevystä laserleikkaamalla. Levy on tehty normaalia paksummasta materiaalista. Tällä haluttiin varmistaa se, että kiinnittimen rakenne ei muuta muotoaan kiinnittintä nostaessa. Levyssä on kaksi 17 mm:n nostoreikää. Nostoreikiin voidaan asettaa M16 nostolenkit ja nostolenkit kiinnitetään muttereilla alapuolelta. Niitä ei tarvitse irroittaa hitsauksen ajaksi, jolloin muttereiden irroitus- ja kiinnitystyöltä vältytään. Kiinnittimen ylälevy kuvassa 18.



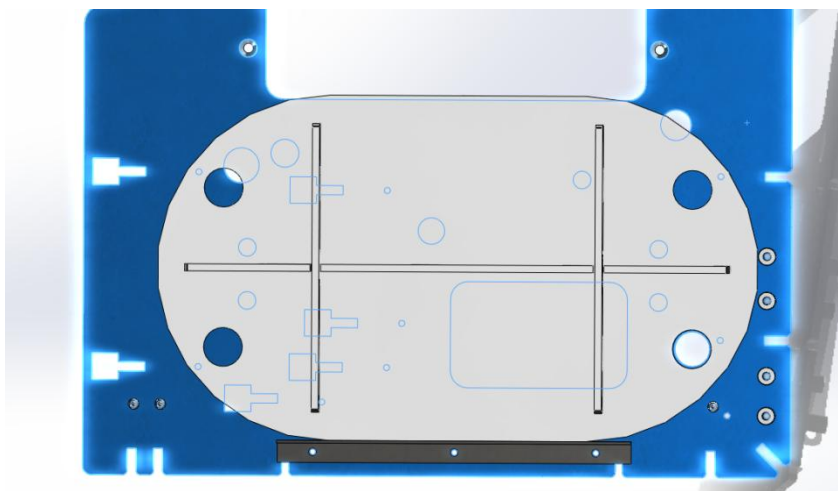
KUVA 18. Ylälevyn 3D-malli yläpuolelta (Ilkka Nissinen)

7.3.5 Kiinnitinlevy

Kiinnitinlevy oli kiinnittimen suunnittelussa eniten suunnittelua vaativa osa. Kiinnitinlevyssä on niin paljon erilaisia elementtejä, jotka ovat toisistaan riippuvaisia. Yhden elementin muuttaminen kiinnitinlevyssä johtaa siihen, että useaa muuta elementtiä joutuu muuttamaan, että kiinnittimen toimivuus säilyy.

Kiinnitinlevy on 10 mm:n levyistä laserleikkurilla valmistettu teräsleike. Nämä kiinnitetään runkoelementteihin M10 uppokantakuusioruuveilla. Ruuveja varten kiinnitinlevyyn tehtiin 4 mm syvät upotukset 11 mm:n vapareikiin. Yhdessä kiinnitinlevyssä on 29 kpl M8 kierrereikiä. Kierrereikiin tulee tuotteiden alle tarkoitetut nastat, jotka ovat M8 ruuveja. Nämä ruuvit ovat kuusiokolokupukantaisia ja nostavat tuotetta pohjalevystä 4,4 mm. Näillä saadaan minimoitua kappaleiden asento- ja muotovirheistä johtuvia epätarkkuuksia sekä saadaan pistemäinen tukipiste tuotteen kiinnityskohtiin. Lisäksi M8 kierrereikiä käytetään vasteiden kiinnitykseen. Pikakiinnittimet kiinnitetään kiinnitinlevyyn niitä varten suunnitelluilla urilla, joihin laitetaan pikakiinnittimeen kiinnitetty levyleikkeistä hitsaamalla valmistettu t-uraosa. Kiinnitinlevyssä on myös pyöreät reiät kappaleiden asennon varmistukseen.

Kiinnitettävillä tuotteilla on vain yksi asento, missä ne voidaan kiinnittää kiinnittimeen ja tässä asennossa tuotteen reiästä näkyy kiinnitinlevyyn tehty reikä, joka on hieman pienempi kuin tuotteessa oleva. Tästä esimerkki kuvassa 19.

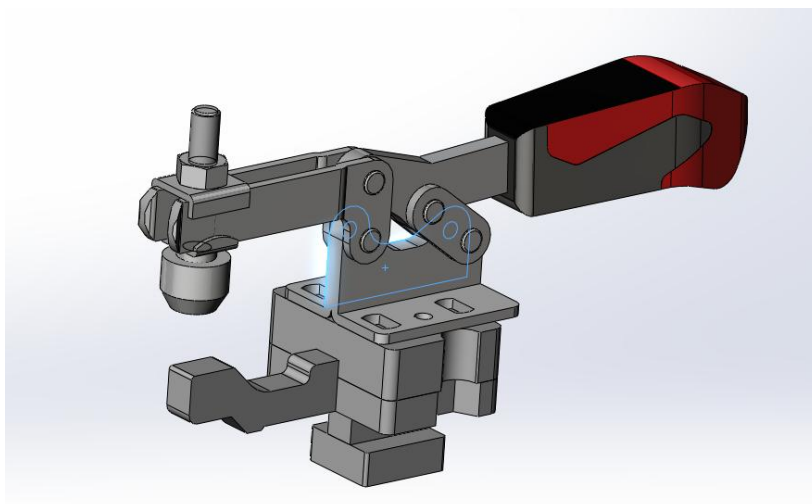


KUVA 19. 3D-malli, esimerkki tuotteesta kiinnitinlevyssä ilman pikakiinnittimiä (Ilkka Nissinen)

7.3.6 Kiinnitinkomponentit

Tuotteet kiinnitetään kiinnitinlevyyn kolmella erilaisella amf-pikakiinnittimellä. Pääasiallisena kiinnittimenä käytetään Amf 6830 vaakasuoraa kiinnitintä, jossa kiinnitysvoima $F=1,8 \text{ kN} - 2,5 \text{ kN}$. Tuotteesta riippuen voidaan tarvita myös Amf 6830 vaakasuoraa kiinnitintä, jossa kiinnitysvoima $F=1,0 \text{ kN} - 1,2 \text{ kN}$, tai suurimmalle pohjajanssarille tarkoitettuja Amf 6830 pystykiinnittimiä, joissa $F=1,2 \text{ kN} - 2,5 \text{ kN}$. Liitteissä 1 ja 2 on esitetty käytettävien kiinnittimien mallit ja tekniset tiedot.

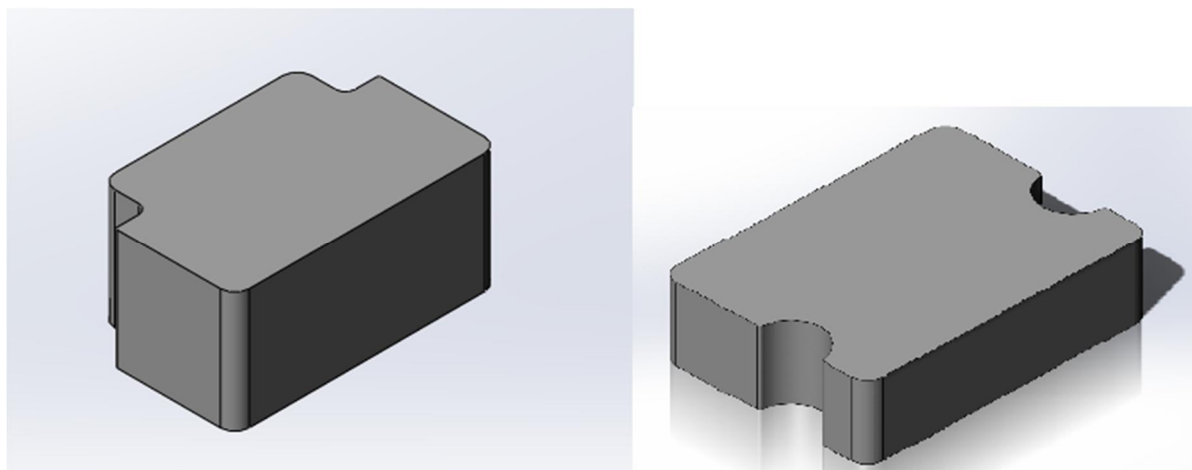
Kiinnittimen kiinnityspisteisiin tuotteiden alle sijoitetaan kuusiokolokupukantaruvvit, joilla tuotetta nostetaan kiinnitinlevyn pinnasta 4,4 mm. Tällä toteutetaan pistemäinen tukipiste kiinnityskohtiin ja eliminoidaan tuotteissa mahdollisia tasojen muotovirheitä, jotka aiheuttaisivat tuotteen huonon asettumisen kiinnittimeen. Tällä myös pienennetään hitsausriskeistä ja kiinnitinlevyn kolhuista johtuvia tuotteiden asentovirheitä. Yhden tuotteen tukipisteinä käytetään pohjapanssarille erityisesti suunniteltua nastaa, joka on kiinnitetty hitsaamalla pikakiinnittimen t-uraosaan. Erikoisnasta ja kiinnitin-komponentti on esitetty kuvassa 20.



KUVA 20. 3D-malli pikakiinnittimestä ja erikoisnastasta (Ilkka Nissinen)

Pohjapanssareiden paikoituksessa käytetään alavasteena määramittaan sahattua kulmarautaa, johon on porattu reiät kiinnitystä varten ja sivuvasteina käytetään 20 mm:n pyörötankoa, johon on porattu reikä kiinnitystä varten. Nämä kiinnitetään M8 ruuveilla ja ovat tarpeen tullen vaihdettavissa, tai siirrettävissä.

Pohjapanssareiden suuresta määrästä ja kokoeroista johtuen kiinnittimien alla joudutaan joissain kiinnitystapauksissa käyttämään t-urakappaleen ja pikakiinnittimen välissä kahta erikokoista korokepalaa. Näiden korokepalojen korkeudet ovat 15 mm ja 25 mm. Korokepalat on esitetty kuvassa 21. Ohuemmat korokkeet leikattiin laserilla ja paksummat valmistettiin plasmaleikkaamalla. Osiin suunniteltiin urat, joista saadaan säädettyä avaimella t-uraosissa olevia pidätinruuveja, joilla pikakiinnittimet lukitaan kiinnitinlevyyn.



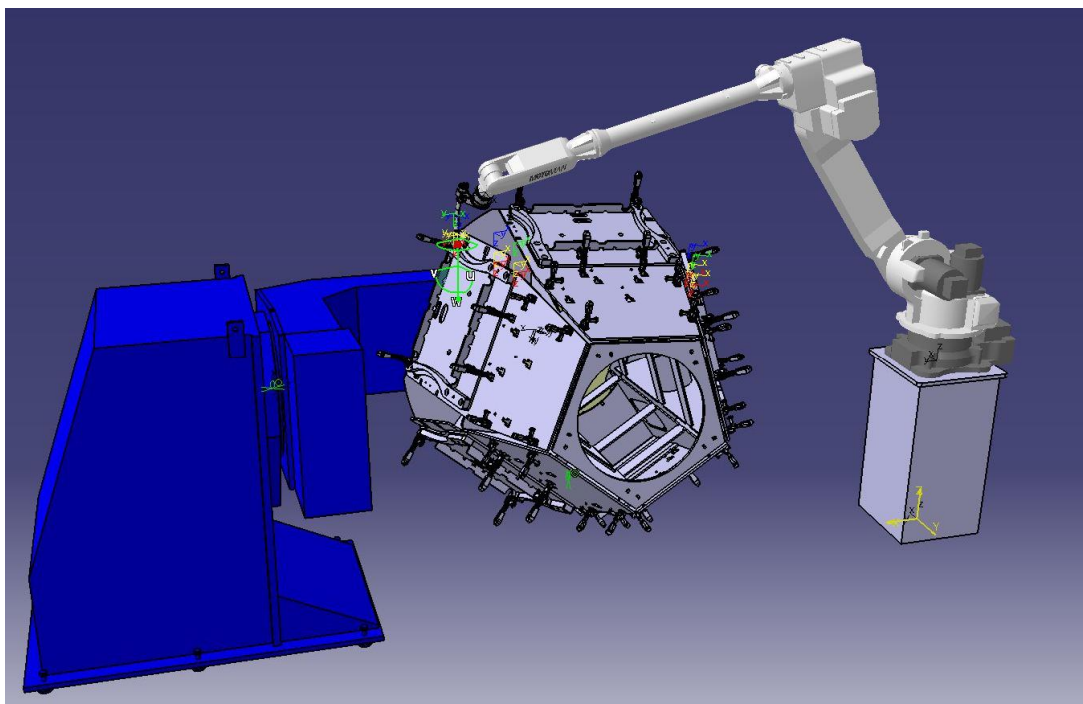
KUVA 21. 25 mm:n ja 15 mm:n korokkeet (Ilkka Nissinen)

7.4 Hitsauksen ulottuvuustarkastelu

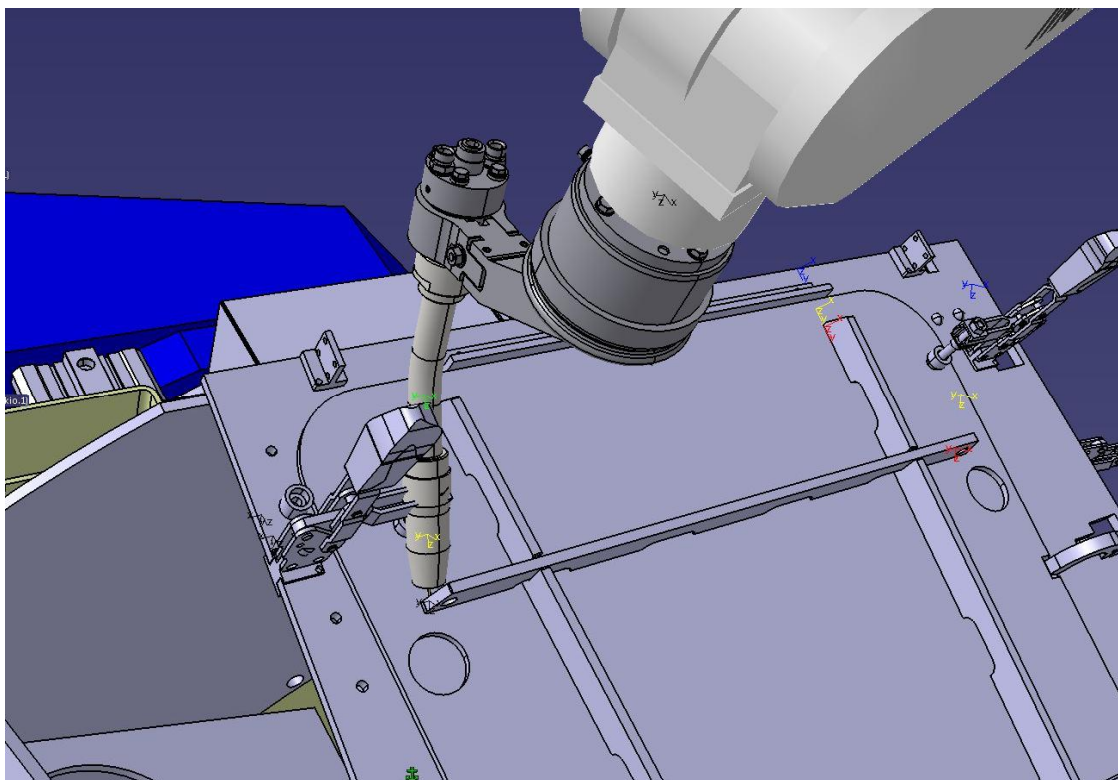
Hitsauskiinnitin ja osa hitsattavista tuotteista testattiin Savonia-ammattikorkeakoululla simulointiin erikoistuneen asiantuntijan avustuksella. Simulointi toteutettiin Delmian V5-simulointiohjella ja hitsausrobottien etäohjelmointiin tarkoitetulla DelfoiArc-sovelluksella. DelfoiArc-sovellus on parametrisen ja piirrepohjainen etäohjelmointiohjelmisto, jota käytetään hitsausrobottien ohjelmoinnissa. Kuvassa 22 ja 24 esitetään hitsauksen ulottuvuustarkastelu.

Hitsauksen ulottuvuustarkastelussa todettiin, että kiinnitin toimii suunnitellulla tavalla ja ei ole esteenä hitsaukselle. Simuloinnin aikana todettiin kuitenkin, että kiinnittimet on syytä vaihtaa Amf:n pystykiinnittimistä vaakakiinnittimiin, joilla saadaan varmistettua hitsauspolttimen esteettömät liikeradat ja kiinnittimen käyttö varsinkin ohjelmointivaiheessa helpottuu. Hitsauksen ongelmakohta on esitetty kuvassa 23.

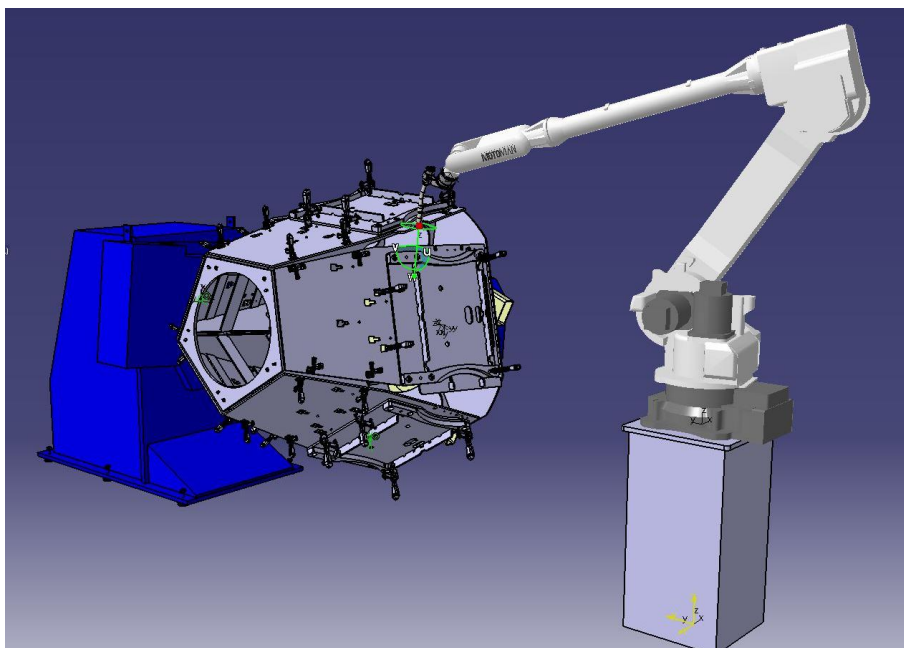
Ratesteel Oy:llä ei ole robottien etäohjelmointi- ja simulointimahdollisuutta, joten varsinaiset ohjelmat pohjapanssareiden hitsaukseen täytyy tehdä suoraan hitsausrobotilla opettaen. Hitsauskiinnittimen ja hitsattavien pohjapanssareiden koko ei tule aiheuttamaan rajoitteita robottihitsaukselle.



KUVA 22. Hitsauksen ulottuvuustarkastelu (Ilkka Nissinen)



KUVA 23. Ulottuvuustarkastelussa havaittu ongelmakohta (Ilkka Nissinen)



KUVA 24. Hitsauksen ulottuvuustarkastelu (Ilkka Nissinen)

7.5 Kiinnittimen valmistus

Suurin osa kiinnittimen osista valmistettiin Brandente Oy:llä alihankintana. Kiinnittimen levyosat valmistettiin laserleikkaamalla ja tarvittaviin paikkoihin koneistettiin kierteet. Suurin osa kiinnittimen osista suunniteltiin itsestään paikoittuvaksi, mikä helpotti kokoonpanoa. Myös symmetrisyyttä käytettiin osien suunnittelussa hyväksi, jolloin osien väärinkokoonpanoa pystyttiin välttämään.

Kiinnittimen t-urakappaleisiin ja korokkeisiin suunniteltiin alun perin reiät ja kierteet pikakiinnittimien kiinnittämiseksi ruuviliitoksien. Ruuveille tarkotetuista rei'istä kuitenkin jouduttiin luopumaan, koska reikien valmistuskustannukset nousivat liian suureksi osaksi kiinnittimen kokonaiskustannuksista. Tästä syystä pikakiinnittimet ja korokepalat hitsattiin t-uraosiin. Tämä aiheutti hieman lisätyötä kiinnittimen kokoonpanossa, mutta oli taloudellisesti edullisempi ratkaisu.

Kiinnittimen valmistus kesäloma-aikaan asetti omat rajoitteensa. Heinäkuu on Suomessa yleinen kesäloma-kuukausi. Tästä syystä monet alihankintavaihtoehdot oli jätettävä käyttämättä ja kiinnitin täytyi suunnitella siten, että se voidaan valmistaa pääosin Savonia-ammattikorkeakoululla olevilla resursseilla. Projekti-insinööri Juha Nissinen (Savonia-ammattikorkeakoulu) valmisti ja kokoonpani hitsauskiinnittimen. Loppuvarustelu toteutettiin Ratesteel Oy:llä.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteina oli tutkia hitsauskiinnittimen suunnittelua ja valmistaa toimiva kiinnitin robottihitsaukseen yhdeksälle erilaiselle metsäkoneen pohjapanssarille.

Hitsauskiinnittimien suunnittelussa ei löydetty uutta merkittävää tutkimustietoa, mutta vanhoista tiedoista keräämällä saatiin tarvittava kokonaisuus teoriaosuuteen ja pohjaksi kiinnittimen suunnittelulle. Viimeisinä vuosikymmeninä on alettu pohtimaan hitsauskiinnittimien modulaarisuuden mahdollisuutta ja hitsattujen rakenteiden tuotteistamista tuoteperheiksi. Tämä ajattelutapa on myös huomioitu tätä työtä tehdessä.

Työn tuloksina saatiin hitsauskiinnittimen 3D-malli kaikkine komponentteineen, jonka pohjalta valmistettiin hitsauskiinnitin. Kiinnittimen valmistukseen tuotettiin tarvittavat osakuvat joiden avulla tuotteen osat saatiin valmistettua. Ennen tuotteen valmistusta kiinnittimen toimintaa simuloitiin etäohjelmointiin tarkoitettulla Catia V5-ohjelman Delmia Arc-sovelluksella.

Kiinnittimen suunnittelun aikana todettiin, että kiinnittimelle kannattaa tehdä käyttöohjeet ja jatkokehityksessä luoda värikoodit, jonka avulla saadaan pikakiinnittimet laitettua oikealle kohdalle kiinnittimeen. Kiinnittimen käytön aikana on havaittu, että kiinnitin toimii pääpiirteittäin odotusten mukaisesti. Ainoa ongelma on pikakiinnittimien kestävyys sivuttaissuunnassa hitsattavan tuotteen ollessa lähelle 90 asteen kulmaa vaakatasoon nähden. Tämä ongelma korjattiin asettamalla raskaimmille tuotteille erillinen tuki, joka vähentää pikakiinnittimiin kohdistuvia sivuttaisvoimia kyseisissä tapauksissa.

Kaikki opinnäytetyön tulokset luovutetaan Ratesteel Oy:lle. Tuloksiin sisältyy mm. hitsauskiinnittimen 3D-malli ja kiinnittimen valmistukseen, tai varaosien valmistukseen tarvittavat osakuvat sekä hitsauskiinnittimen käyttöohje.

Hitsauskiinnittimen suunnittelutyö oli sopivan haastava ja mielenkiintoinen aihe opinnäytetyöksi. Tässä tapauksessa lisähaasteen toi tuotteiden suuri määrä ja kiinnittimen monikäyttöisyys, mutta toisaalta hitsattavat tuotteet eivät olleet kiinnitinsuunnittelun kannalta hyvin monimutkaisia.

LÄHTEET

AMF 2009, Tuoteluettelo: Saksa

MOTOMAN Instruction manual MT1-1500S2N 2008 [atk-tallenne]. Käyttöohje. Turku: Motoman.

KAUPPINEN, Markus 2012. Hitsausrobottisolun kiinnitinjärjestelmän suunnittelu. Savonia-ammattikorkeakoulu: Konetekniikka. Opinnäytetyö.

KEMPPI OY. Hitsausaapinen. [verkkosivu]. Kemppi Oy [viitattu 1.8.2013]. Saatavissa: <http://www.kemppi.com/fi>

KUIVANEN, Risto 1999. Robotiikka. Vantaa: Talentum Oyj/MetalliTekniikka.

LEPOLA, Pertti ja MAKKONEN, Matti 2005. Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet. Porvoo: WSOY

LOGISMARKET. [verkkosivu]. Logismarket [viitattu 1.8.2013]. Saatavissa: <http://www.logismarket.es/>

NORRISH, John 2006. Advanced Welding Processes. Institute of Physics Publishing, Bristol UK

SUOMEN METALLITEOLLISUUDEN KESKUSLIITTO 1987. Hitsauskiinnittimen suunnittelu. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus Oy

PURHONEN, Tero 2009. Robottisolun suunnittelu ja investoinnin toteutus. Lappeenrannan teknillinen yliopisto: Koneala. Diplomityö.

LIITE 1.



Pystysuora kiinnitin

Nro 6800

Pystysuora kiinnitin

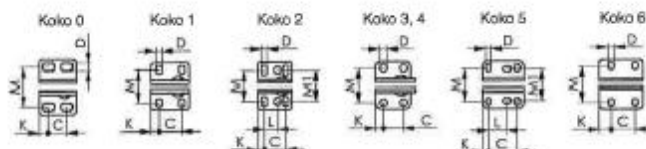
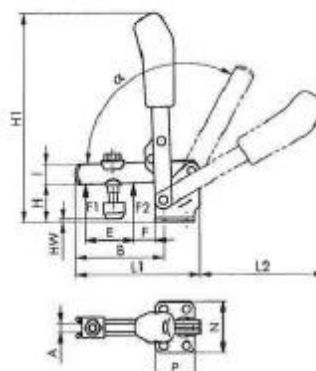
Avoin kiinnitysvipu ja vaakasuora jalusta.

Sinkitty ja passiivitu. Laakeritapit ruostumatonta terästä, kokoluokissa 2–6 karkailut laakerinotat. Laakeriosat voideltu. Ergonomisesti muotoiltu, oljynkestävä kahva, jossa on suuri käsituki ja pehmeitä osia. Turvallisessa kiinnityskappaleessa on sormisuojaus ja kiinnitysvarren päässä puristusruuvien varmistin.

Toimitetaan täydellisenä ruostutun, sinkityn puristusruuvien nro 6890 kanssa.

Tilaus- nro	Koko	F1 [kN]	F2 [kN]	Puristusruuvi	Paino [g]
90001	0	0,5	0,7	M 4x 25	60
90019	1	0,6	1,1	M 5x 30	105
90027	2	0,8	1,2	M 6x 35	175
90035	3	1,2	2,5	M 8x 45	410
90043	4	1,7	3,0	M 8x 65	630
90050	5	3,0	5,0	M12x 80	1480
90068	6	3,4	5,5	M12x110	2200

Saatavana myös ruostumatonta
JALOTERÄKSESTÄ valmistettuna (nro 6800NI)
ja mattamustaksi sinkittyinä (nro 6800B).



Mittataulukko

Tilaus- nro	Koko	A	B	C	D	E	F	H	H1	HW min.	HW max.	I	K	L	L1	L2	M	M1	N	P	a	a*
90001	0	4	31	11,0	4,5	14	5,5	16,0	81,0	-1,5	3,5	8	5,5	-	49	50	23	-	32	22	95°	-
90019	1	5	39	16,0	4,5	18	6,0	19,0	96,5	-4,0	2,0	10	5,5	-	61	59	24	-	35	27	95°	-
90027	2	6	52	20,0	5,5	25	11,0	23,0	130	-3,0	4,5	12	6,0	12,5	78	80	27	27	43	32	105°	60°
90035	3	8	79	20,0	7,5	36	19,0	33,0	186	2,0	11,0	18	7,5	-	112	112	32	-	46	35	105°	60°
90043	4	10	101	32,0	8,6	54	18,0	42,5	221	-6,0	22,5	20	13,0	-	141	130	45	-	64	53	105°	60°
90050	5	14	140	45,0	8,5	73	34,0	55,8	281	-3,0	27,5	25	9,5	29,0	195	185	48	45	70	65	115°	60°
90068	6	14	165	50,5	13,0	89	26,0	61,0	332	-2,5	55,0	30	24,5	-	231	207	71	-	100	90	140°	60°

* Avautumiskulmaa voidaan muuttaa vastotapilla puristamalla.

KUVA 1. Pystysuoran kiinnittimen tekniset tiedot (Amf 2009, 12.)

LIITE 2.



Vaakasuora kiinnitin

Nro 6830

Vaakasuora kiinnitin

Avoin kiinnitysvipu ja vaakasuora jalusta.

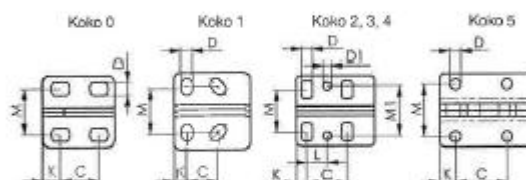
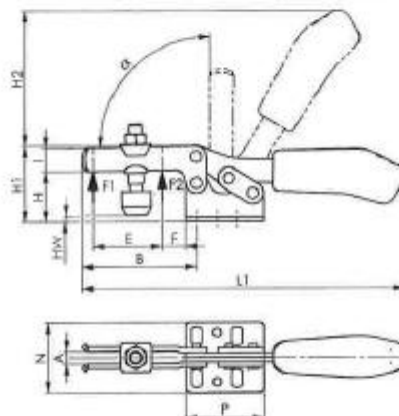
Sinkitty ja passiivitu. Laakeritavat ruostumatonta terästä, kokoluokissa 2–5 karkaistut laakeriholkat. Laakeriosat voidella. Ergonomisesti muotoiltu, öljynkestävä kahva, jossa on suuri käsikahva ja pehmeitä osia. Kiinnitysvarren päässä on puristusruuvien varmistin. Toimitetaan täydellisenä ruostutettuna, sinkityn puristusruuvien nro 6890 kanssa.

Huomio:

Sopiva anturitunnistus koolle 3, katso nro 68975.

Tilaus- nro	Koko	F1 [kN]	F2 [kN]	Puristusruuvi	Paino [g]
93005	0	0,25	0,4	M4x25	35
93013	1	0,8	1,1	M5x30	105
93021	2	1,0	1,2	M8x35	185
93039	3	1,8	2,5	M8x45	320
93047	4	2,0	3,0	M8x55	700
93054	5	3,0	5,0	M8x65	1080

Saattavana myös ruostumattomasta JALOTERÄKSESTÄ valmistettuna (nro 6830NI) ja malmustaksi sinkittynä (nro 6830B).



Mittataulukko

Tilaus- nro	Koko	A	B	C	D	D1	E	F	H	H1	H2	HW min	HW max	I	K	L	L1	M	M1	N	P	α
93005	0	4	28	13,6	4,6	-	9,0	5	14,5	23,0	34	-5,0	0,8	7,5	6,25	-	79	16,0	-	25,0	25,5	90°
93013	1	5	42	14,0	5,2	-	18,6	8	19,0	30,0	49	-4,0	2,0	10,0	5,50	-	120	20,3	-	34,0	34,0	90°
93021	2	6	64	26,0	5,6	5,8	32,0	16	24,0	45,0	68	-1,6	5,0	13,0	6,00	12,7	162	24,5	28,5	42,0	38,0	90°
93039	3	8	73	25,7	6,5	5,1	36,0	36	32,0	48,5	86	-2,0	9,0	15,0	7,00	-	206	26,8	31,6	44,5	50,0	90°
93047	4	10	113	41,0	6,5	6,5	63,0	27	45,0	75,0	115	-4,0	24,0	20,0	8,00	20,5	281	36,0	43,0	58,0	57,0	90°
93054	5	10	123	41,5	8,5	-	78,0	18	46,0	73,0	128	-1,5	25,0	25,0	12,50	-	321	41,5	-	58,0	77,0	90°

KUVA 2. Vaakasuoran kiinnittimen tekniset tiedot (Amf 2009, 14.)